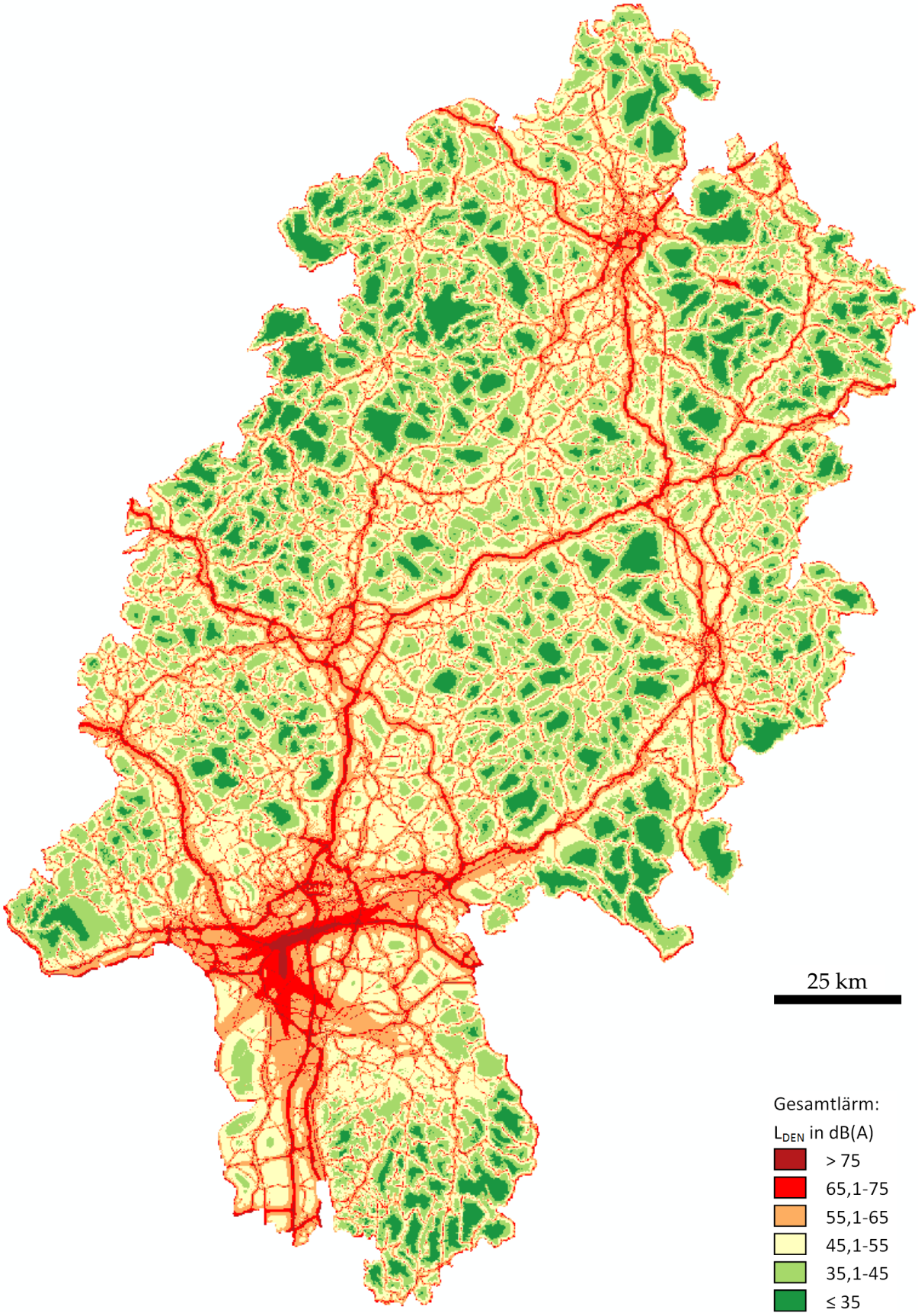
Martin Jäschke

Lärmkartierung und Ruhige Gebiete



Deckblatt:

vorne: Lärm- und Ruhekarte des Gesamtlärms für Hessen plus Außenbereich

entspricht Abb. 66Ib, S. 301; Gesamtlärm = Lärm aller Straßen und Schienenwege sowie des Flughafens Frankfurt

hinten: potentiell Ruhige Gebiete in Deutschland der Qualität $L_{DEN} \leq 35$ dB(A) – pRG35

entspricht Abb. 76a, S. 339; Gesamtlärm = Lärm aller Straßen und Schienenwege, *kein* Fluglärm

Lärmkartierung und Ruhige Gebiete

von
Diplom-Physiker,
Diplom-Umweltwissenschaftler und
Master of Organizational Psychology
Martin Jäschke
aus Wiesbaden
geboren am 11.12.1965
in Eschwege

der Fakultät Architektur
der Technischen Universität Dresden
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften
– Dr. Ing. –

am 04. November 2012
eingereichte Dissertation

Tag der mündlichen Prüfung: 22. November 2013

1. Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Wende
2. Gutachter: PD Dr. Christian Maschke

Vorwort

Ruhe hält gesund, Lärm macht krank.

Auf dieser plakativen, durch wissenschaftliche Studien (s.S. 87 ff.) im Kern bestätigten Formel, beruht die seit 2002 geltende EG-Umgebungslärm-Richtlinie 2002/49/EG. Sie verpflichtet alle 27 Mitgliedstaaten der EU zur Lärmkartierung, Lärmaktionsplanung und speziell zum Schutz Ruhiger Gebiete.

Seit 2004 arbeite ich im Lärmdezernat des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG), das in Hessen für die Lärmkartierung zuständig ist. Den Vollzug der Richtlinie habe ich deshalb von Anfang an miterlebt: ihre Umsetzung in deutsches Recht, die Organisation der Zuständigkeiten, die Diskussionen über die inhaltlichen Anforderungen an die erste Lärmkartierung 2007 (1. Stufe), die Nutzung der Lärmkarten sowie die Vorbereitung und Durchführung der zweiten Lärmkartierung 2012 (2. Stufe).
Besonders kontrovers wird seit jeher der Kartierungsumfang diskutiert: streng 1:1 nach den Anforderungen der Richtlinie und damit z.B. nur Straßen über 6 bzw. 3 Mio. Kfz/a (1. bzw. 2 ff. Stufe) oder etwas mehr Straßen oder gar *alle* Straßen?
Durchgesetzt haben sich fast überall in Europa, so auch in Deutschland und Hessen, die 1:1-Verfechter.

Die amtlichen 1:1-Lärmkarten der 1. Stufe 2007 bestätigten die anfangs von Experten geäußerten Befürchtungen (s.S. 74 ff.). Sie lieferten keine, unbrauchbare oder triviale Informationen – stark befahrene Straßen sind laut. Allerdings ließen sich die offensichtlichen Mängel kaum richtig quantifizieren, weil ausschließlich die 1:1-Karten vorlagen, nicht jedoch die zum Vergleich erforderlichen besseren Karten mit *allen* Straßen. Damit fehlten vorzeigbare Vorbilder, die hätten verdeutlichen können, welche neuen Welten *vollständige (bestmögliche)* Lärmkarten erschließen und wie schlecht 1:1-Karten wirklich sind. Zudem fanden die 1:1-Anhänger schnell tröstende Worte: In der 2. Stufe 2012 werde alles viel besser, weil dort mehr Lärmquellen (z.B. Straßen > 3 Mio. Kfz/a) zu kartieren seien.

Vor „Ruhigen Gebieten“ kapitulierten viele gleich vollständig, zumal hier „amtlich“ festgestellt wurde (LAI, 2009), diese seien außerhalb der kartierten Bereiche zu suchen – eine paradoxe Aussage für eine Richtlinie, die einerseits den Schutz Ruhiger Gebiete fordert, aber andererseits eine Kartiermethode vorgibt, die das Schutzgut nicht finden kann.

Während im HLUG alle anfallenden Kartierungsarbeiten extern vergeben wurden und werden, sammelte ich unabhängig davon im Rahmen der gleichfalls 2007 abgeschlossenen Diplomarbeit Definition und Kartierung Ruhiger Gebiete (Jäschke, 2007) eigene Erfahrungen mit Lärmkartierungen.

In diesem Kontext entstand die Idee zu der vorliegenden Arbeit.

Im Mittelpunkt der Arbeit steht die Praxis.

Gemacht wird das, was derzeit machbar ist. Wichtigste Erkenntnisquellen sind selbst durchgeführte Lärmkartierungen und „selbstgemachte“ Lärmkarten – ca. 300 für die Stadt Wiesbaden, 70 für Hessen plus Außenbereich und 4 für Deutschland. Damit basieren die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit auf den vermutlich weltweit umfangreichsten Lärmkartierungen, Lärmkarten und Lärmanalysen.
Inhaltlich wird weit über die Mindestanforderungen der EG-Richtlinie hinausgegangen. Kartiert werden *alle* Straßen- und *alle* Schienenwege sowie der Flughafen Frankfurt am Main in derzeit *bestmöglicher* (*optimaler*) Qualität. Der hier entwickelte Lösungsansatz wird mit wissenschaftlichen Methoden am Beispiel des Bundeslandes Hessen einem Praxistest unterzogen und für praxistauglich befunden. Die *bestmöglichen* (*optimalen*) Lärmkarten liefern erstmals eine *vollständige* Bestandsaufnahme der Lärm- und Ruhesituation in Hessen, d.h. genaue Aussagen zur Lärmbelastung des Außenraumes und der Bevölkerung *sowie gleichzeitig* alle Ruhigen Gebiete des Frei- und Siedlungsraumes. Damit schafft die Arbeit ein Fundament, das sich für ein modernes Lärmmanagement nutzen lässt, welches beide Managementaufgaben – Lärmbekämpfung und Ruheschutz – gleichrangig lösen kann (Tab. 1, s.a. Abb. 1 u. Abb. 2, S. 8 u. 66).

Tab. 1: Modernes Lärmmanagement mit bestmöglichen (= optimalen = vollständigen) Lärmkarten.

		Modernes Lärmmanagement mit Hilfe ...	
		... einer bestmöglichen Lärmkarte, die *gleichzeitig* liefert:	
		Ruhige Gebiete	**Verlärmte Gebiete**
Merkmal		niedrige bis mittlere Pegel	mittlere bis hohe Pegel
Wirkung		halten gesund	machen krank
Managementaufgabe		Schutz der Ruhigen Gebiete	Lärmbekämpfung
Bedeutung in Verwaltung, Politik und Gesellschaft	IST	keine o. sehr gering	gering
	SOLL	hoch und gleichrangig	

Im Einzelnen zeigt die Arbeit:

- warum Lärmbekämpfung und Ruheschutz EU-weit zu scheitern drohen
- wie das verhindert werden kann
- was Ruhige Gebiete sind und wer sie braucht
- wie Lärmkartierungen effektiv und effizient durchgeführt werden können
- wie *bestmögliche* Lärmkarten, die *alle* Lärmquellen enthalten, *sofort* möglich sind
- wie schlecht die streng nach den Mindestanforderungen erstellten 1:1-Karten sind
- wie viel besser die bestmöglichen Lärmkarten sind
- wie vielseitig sich diese nutzen lassen
- wo in Hessen die Lärmbrennpunkte und wo die Ruhigen Gebiete zu finden sind
- wo in Deutschland die großen (> 1 km²) Ruhigen Gebiete liegen
- welche Maßnahmen zum Schutz Ruhiger Gebiete sofort und künftig möglich sind

Modernes Lärmmanagement muss folglich keine Illusion mehr bleiben.

Eine angenehme Lektüre wünscht
Martin Jäschke
Wiesbaden, den 04. November 2012

Inhaltsübersicht

VORWORT **4**

INHALTSÜBERSICHT **7**

EINLEITUNG **8**

ZIELE UND NICHT-ZIELE 8

INHALTLICHER AUFBAU 10

FORMALE ELEMENTE 12

ZUSAMMENFASSUNG **14**

KURZFASSUNG **17**

L A N G FASSUNG **61**

ANHANG **369**

PRIORITÄTENLISTE – LÄRMBELASTUNGEN IN ALLEN 430 GEMEINDEN HESSENS: AUßENRAUM UND WOHNGEBÄUDE .. 370

LITERATURVERZEICHNIS 380

TABELLENVERZEICHNIS 400

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 402

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 404

NOMENKLATURVERZEICHNIS 409

ERKLÄRUNG **412**

DANKSAGUNG **413**

Einleitung

Die Einleitung soll der Orientierung dienen. Sie informiert über Ziele und Nicht-Ziele der Arbeit, ihren inhaltlichen Aufbau und wichtige formale Elemente.

Ziele und Nicht-Ziele

Abb. 1 verdeutlicht, wie sich die Ziele und Nicht-Ziele um die beiden zentralen und daher titelgebenden Themen der Arbeit – Lärmkartierung und Ruhige Gebiete – gruppieren.

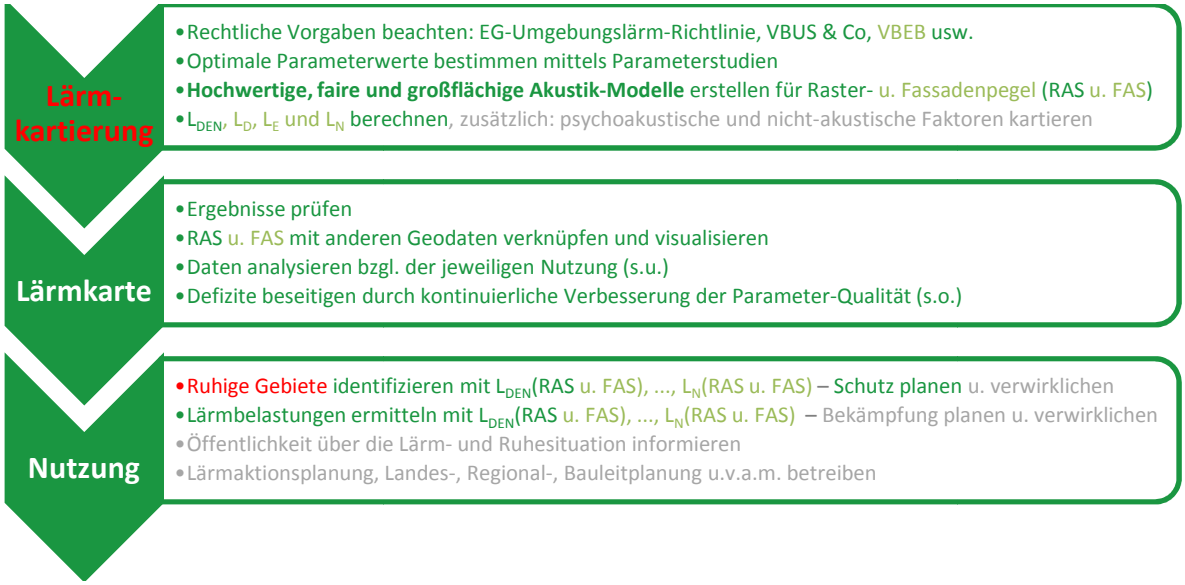


Abb. 1: Ziele und Nicht-Ziele der Arbeit.
Legende: rot = zentrale Themen der Arbeit, hell- und dunkelgrün = Ziele, die sich mit den hier erstellten Lärmkarten erreichen lassen, dunkelgrün = Ziele, die in der Arbeit diskutiert werden, hellgrün = Ziele, die nicht oder nur kurz diskutiert werden, grau = Nicht-Ziele der Arbeit.

Das **Hauptziel** der Arbeit besteht darin,

- hochwertige, faire und großflächige Akustik-Modelle zu erstellen

Die verwendeten Adjektive sind wie folgt zu verstehen:

1) **hochwertig**:
    a) alle wichtigen Lärmarten einbeziehen: Straßen, Schienen u. Großflughäfen
    b) alle Lärmquellen verwenden: alle Straßen, alle Schienen und den größten deutschen Flughafen
    c) alle verfügbaren akustischen Eingangsdaten bestmöglich nutzen
    d) alle fehlenden Eingangsdaten durch plausible Pauschalwerte ersetzen
    e) alle Eingangsdaten, attributiven und geometrischen Vereinfachungen sowie Software-Einstellungen durch Parameterstudien (Vergleichsrechnungen) untersuchen und optimieren, um einen bestmöglichen Kompromiss zwischen Rechenzeit und Genauigkeit zu erzielen, damit in derzeit bestmöglicher Qualität kartiert werden kann
    f) über die Mindestanforderungen der EG-Umgebungslärm-Richtlinie hinausgehen, aber dennoch richtlinienkonform kartieren

g) möglichst viele Aufgaben – von der Lärmbekämpfung bis zum Schutz Ruhiger Gebiete – mit den erstellten Lärm- und Ruhekarten lösbar machen

2) **fair**:
   a) Hessen plus Außenbereich in einheitlicher Qualität kartieren
   b) im Gegensatz zur EG-Umgebungslärm-Richtlinie die Ballungsräume nicht a priori besser als das Land stellen

3) **großflächig**:
   a) Hessen plus Außenbereich (HEplus: 28.600 km²) als zentrales Modell
   b) Deutschland, um alle großflächigen Ruhigen Gebiete zu identifizieren

Das Hauptziel und alle Teilziele sollen ausschließlich mit den gesetzlich vorgeschriebenen Berechnungsmethoden (VBUS & Co), standardmäßig verfügbarer Hard- und Software (ArcGIS, CadnaA) sowie vorhandenen Eingangsdaten (ATKIS, ALK usw.) erreicht werden. Damit wird das hier praktizierte Vorgehen leicht übertragbar und sofort anwendbar, was bei Sonderlösungen nicht der Fall wäre.

Hochwertige, faire und großflächige Akustik-Modelle führen zu Lärm- *und* Ruhekarten, die den *gesamten* Pegelbereich abdecken. Sie lassen sich unter vielerlei Aspekten auswerten: Lärmbekämpfung *und* Schutz Ruhiger Gebiete, Raster- *und* Fassadenpegel, alle 4 berechneten Lärmindizes, L_{DEN}, L_D, L_E *und* L_N u.v.a.m. (s. Abb. 1, hell- und dunkelgrüner Text). Außerdem können solche Akustik-Modelle zumindest in Fallstudien mit anderen Methoden der Lärmkartierung verglichen werden, z.B. mit Lärmkorridoren, Schallmessungen, subjektiven Bewertungen *und* Befragungen u.v.a.m.

Die hier erstellten Akustik-Modelle entsprechen den oben gesetzten Zielen und liefern daher sämtliche der eben erwähnten Informationen. Sie vollständig zu nutzen, würde jedoch bedeuten, entweder jeden einzelnen Aspekt nur oberflächlich anreißen zu können oder den Umfang der hier vorliegenden Arbeit zu sprengen.

Deshalb beschränkt sich die Arbeit im Wesentlichen auf *eine* Pegelart (Rasterpegel) und *einen* Lärmindex (L_{DEN}). Diese werden zwar häufig im gesamten Pegelbereich dargestellt, analysiert und diskutiert, im Mittelpunkt stehen aber die Ruhigen Gebiete.

Obwohl mit den Zielen automatisch auch die Nicht-Ziele feststehen, seien letztere zur Klarstellung nochmals explizit erwähnt (s.a. Abb. 1, grauer Text):

- Keine vollkommen neuen Kartiermethoden jenseits des A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegels suchen oder anwenden – nur bestmögliche Ergebnisse innerhalb der gesetzlich vorgegebenen Systemgrenzen (VBUS & Co) anstreben
- Keine anderen Lärmarten kartieren – nur Straßen-, Schienen-, Flug- u. Gesamtlärm
- Keine unterschiedlichen Software-Produkte vergleichen – nur eine Akustik-Software verwenden
- Nicht alle 4 Lärmindizes L_{DEN}, L_D, L_E und L_N analysieren – nur L_{DEN}
- Nicht die Fassadenpegel und damit auch nicht die belastete Wohnbevölkerung betrachten (bis auf wenige Ausnahmen) – nur Rasterpegel und somit nur die Belastungen im Außenraum untersuchen
- Nicht die Ergebnisse der Akustik-Modelle mit anderen Methoden vergleichen
- Kein Rechtsgutachten oder planerisches Vollzugskonzept für den Schutz Ruhiger Gebiete erarbeiten – nur Handlungsmöglichkeiten skizzieren

Eine wichtige Ausnahme stellt die im Anhang befindliche Tabelle dar. Sie liefert die Lärmbelastungen in allen 430 Gemeinden Hessens durch Straßen-, Schienen-, Flug- und Gesamtlärm sowie die resultierenden Prioritäten – für Raster- *und* Fassadenpegel (L_{DEN}).

Inhaltlicher Aufbau

Die Arbeit besteht aus 4 Teilen:

- Zusammenfassung ab S. 14
- Kurzfassung ab S. 17
- Langfassung ab S. 61
- Anhang ab S. 369

Die Zusammenfassung enthält die Kernaussagen der Arbeit. Die Kurzfassung liefert eine kompakte Übersicht der wichtigsten Vorgehensweisen, Ergebnisse und Empfehlungen.

Alle 3 Fassungen sind zur besseren Orientierung in dieselben 10 Kapitel unterteilt:

Kap. 1:	EG-Umgebungslärm-Richtlinie
Kap. 2:	Stand von Forschung und Praxis
Kap. 3:	Projektmanagement
Kap. 4:	Erstellung der Akustik-Modelle
Kap. 5:	Wiesbaden: Parameterstudien STR
Kap. 6:	Hessen plus: Parameterstudien STR
Kap. 7:	Ruhige Gebiete in Hessen
Kap. 8:	Ruhige Gebiete in Deutschland
Kap. 9:	Schutz Ruhiger Gebiete
Kap. 10:	Fazit & Ausblick

Kap. 1 und 2 dienen der Einführung in das Thema. Als Ausgangspunkt der Arbeit werden vorgestellt: die EG-Umgebungslärm-Richtlinie (END), ihre streng 1:1 an den Mindestanforderungen orientierte Durchführung 2007 und die damit verbundenen Probleme. Dann wird über den Stand von Forschung und Praxis im Hinblick auf Lärmkartierung und Ruhige Gebiete berichtet. Die Ergebnisse führen zum ersten Teilziel (Meilenstein) dieser Arbeit, einer realistischen und praxistauglichen Definition, die von *potentiell* Ruhigen Gebieten (pRG) sprechen muss und in der die bisher üblichen fixen Pegelschwellen durch flexibel anwendbare Ruhequalitäten ersetzt werden.
Kap. 3 und 4 behandeln die Erstellung der zentralen Akustik-Modelle dieser Arbeit. Sie beschreiben zunächst das Projektmanagement und das damit zusammenhängende Konzept der inhaltlich und räumlich modular aufgebauten Modelle. Es folgen die Berechnungsgrundlagen und Parameter sowie die konkret verfügbaren Eingangsdaten (Geobasis- und Fachdaten). Anschließend werden alle Arbeitsschritte erläutert, die von den Daten zu den Akustik-Modellen führen. Bei letzteren handelt es sich um die in den nachfolgenden Kapiteln analysierten Modelle: das Straßenmodell für Wiesbaden (Modell WI) sowie die Straßen-, Schienen- und Fluglärmmodelle für Hessen plus Außenbereich (Modell HEplus).
Kap. 5 stellt anfangs das Grundprinzip der Parameterstudien vor: Für einen Parameter werden verschiedene Werte gewählt, die jeweiligen Lärmkarten berechnet und miteinander verglichen. Es folgen die Ergebnisse der Parameterstudien für WI und Straßenlärm. Sie zeigen, wie sich jeder einzelne der ca. 50 frei wählbaren Parameter auf Rechenzeit und Rechengenauigkeit auswirkt – und welches die Kern-Parameter mit dem größten Einfluss sind.

Kap. 6 nutzt die Erkenntnisse aus WI, um HEplus mit allen Straßen (57.900 km) aufzubauen. Dazu wird ein optimal aufeinander abgestimmter Satz an Parameterwerten verwendet, mit dem sich das Hauptziel – hochwertige, faire und großflächige Lärm- und Ruhekarten zu generieren (Abb. 1, S. 8) – verwirklichen lässt. Damit entsteht ein Referenzmodell, das für HEplus Aussagen zur Lärmbelastung und zu den pRG in derzeit bestmöglicher Qualität liefert. Parameterstudien für wichtige Kern-Parameter – Gebäude, Gelände, Rasterweite, pauschale DTV-Werte und DTV-Schwellen – werden in HEplus durchgeführt, ihr Einfluss auf die Lärmkarten analysiert und praktische Empfehlungen abgeleitet, um verschiedene Kartieraufgaben im Siedlungs- und Freiraum optimal lösen zu können. Ein Schwerpunkt liegt auf den in der END vorgegebenen DTV-Schwellen, weil sie die Qualität von Lärmkarten am stärksten beeinflussen. Hier wird u.a. gezeigt, wie stark 1:1-Kartierungen die tatsächlichen Lärmbelastungen unterschätzen. Schließlich werden die pRG der Akustik-Modelle mit den pRG verglichen, die sich mit Hilfe von Lärmkorridoren ergeben. Daraus folgen Empfehlungen, für welche Aufgaben sich Lärmkorridore als weitaus einfachere Kartiermethode eignen. Schwerpunktmäßig beschränken sich die Ausführungen auf L_{DEN} im Außenraum (Rasterpegel).

Kap. 7 vollzieht gegenüber Kap. 6 keine räumliche, wohl aber eine inhaltliche Erweiterung mit dem Ziel, die Lärmbelastungen und Ruhigen Gebiete für HEplus bestmöglich zu ermitteln. Dazu werden als Erstes die 3 Lärmkarten mit allen Straßen, allen Schienen und dem Flughafen Frankfurt am Main getrennt diskutiert (STR, SCH und FLG). Dann wird aus diesen eine Gesamtlärmkarte (GES) berechnet, die der aktuellen EU-Empfehlung entspricht und wirkungsgerecht ist. Die Berechnungsmethode, ihre praktische Umsetzung und die Ergebnisse werden vorgestellt. Dazu gehört u.a. eine vollständige Lärm- und Ruhebilanz für das Bundesland Hessen und jede seiner 430 Gemeinden. Damit liegt erstmals für alle Gemeinden eines Bundeslandes eine vollständige Prioritätenliste für die wichtigsten Lärmarten – STR, SCH, FLG und GES – vor. Sie befindet sich im Anhang und enthält sowohl Raster- *als auch* Fassadenpegel (nach VBEB), d.h. die Lärmbelastungen des Außenraumes *und* der Wohngebäude. Für Hessen als Ganzes wird ermittelt, wie hoch die Anteile des lärmbelasteten und ruhigen Außenraumes sowie der Wohnbevölkerung sind. Schließlich wird gezeigt, wie sich die pRG beim Übergang von STR zu GES verändern und wie gut sie mit Schutzgebieten nach BNatSchG und BWaldG sowie Wald, Flächen der Landschaftsrahmenpläne und Truppenübungsplätzen übereinstimmen. Eine Rangliste der größten pRG in Hessen wird präsentiert.

Kap. 8 vollzieht gegenüber Kap. 6 eine räumliche Erweiterung mit dem Ziel, für ganz Deutschland alle Ruhigen Gebiete des Freiraumes zu ermitteln. Gezeigt wird, dass dies derzeit nur mit inhaltlichen Einschränkungen, aber dennoch zuverlässig möglich ist. Mit Hilfe der in HEplus gewonnenen Erkenntnisse werden einfache Akustik-Modelle (Modell D) und Lärmkorridore (Modell D-Korridore) für Deutschland aufgebaut, die alle STR (ohne Gemeindestraßen), alle SCH, aber kein FLG beinhalten. Damit lassen sich recht zuverlässig die großen (Fläche A > 1 km²) pRG für ganz Deutschland finden. Für die pRG des bestmöglichen Akustik-Modells (D) werden wichtige Ergebnisse präsentiert: wie sehr sie mit den pRG aus D-Korridore und HEplus übereinstimmen, wie sie sich auf die 16 Bundesländer verteilen und wie sie sich von den Unzerschnittenen Verkehrsarmen Räumen (UZVR) unterscheiden. Speziell für die 28 größten (A > 100 km²) pRG in Deutschland folgen eine Rangliste und die jeweils aktuellen Flächennutzungen. Letztere zeigen, welche pRG mit großflächigen Schutzgebieten nach BNatSchG, Tourismusregionen oder Truppenübungsplätzen zusammenfallen.

Kap. 9 behandelt den Schutz Ruhiger Gebiete. Zunächst wird vorgestellt, welche konkreten rechtlichen Vorgaben dazu in der END, im BImSchG und in weiteren Normen existieren. Im Mittelpunkt stehen die anschließend beschriebenen Handlungsmöglichkeiten, die sich auf 4 Handlungsebenen konzentrieren: zweipolige Zielwerte mit Fristen und zusätzlichen Anreizen, Defizite des deutschen Lärmschutzrechts, klassische Lärmminderungsmaßnahmen sowie Maßnahmen der Lärmaktions-, Fach- und Gesamtplanungen. Den Abschluss bilden 10 vorbildliche praktische Beispiele zum Schutz Ruhiger Gebiete.
Kap. 10 schließt die Arbeit inhaltlich mit einem Fazit und Ausblick ab.
Der Anhang beginnt mit der schon erwähnten Prioritätenliste. Sie enthält für jede der 430 hessischen Gemeinden die LDEN-Mittelwerte für Straßen-, Schienen, Flug- und Gesamtlärm sowie die daraus abgeleiteten Prioritäten zur Lärmbekämpfung. Es folgen die Verzeichnisse der Arbeit mit dem Abkürzungs- und Nomenklaturverzeichnis ganz am Ende, um das Nachschlagen zu erleichtern. Den Schluss bilden Erklärung und Danksagung.

Formale Elemente

Tab. 2 listet die formalen Elemente der Arbeit in 2 Teilen auf:

- Teil A informiert über die benutzten Schreib- u. Zitierweisen, das Text- u. Kartenlayout. Sie sollen die Arbeit möglichst leicht lesbar und verständlich machen
- Teil B enthält die von den Lieferanten amtlicher Geobasis- und Fachdaten vorgegebenen Copyright-Hinweise für jene Karten, die solche Daten enthalten. Diese Pflichten werden hier an zentraler Stelle erfüllt, anstatt jede einzelne Karte damit zu überfrachten

Tab. 2: Formale Elemente: Schreib- und Zitierweisen, Layout, Ruhige Gebiete u. Copyright.

Nr.	formales Element	Erläuterung
		Teil A – Schreib- und Zitierweisen, Layout usw.
1	Rechtschreibung	Neue deutsche Rechtschreibung mit nachfolgenden Besonderheiten, welche die Lesbarkeit erhöhen sollen
2	Abkürzungen	• Kein Leerzeichen zwischen 1-buchstabigen Abkürzungen, z.B. „s.a.“ • **f(x)** – *ohne* Leerzeichen zwischen f und (x) [*mit*: x = erklärender Zusatz]: o f ist eine Funktion von x, z.B. LDEN(DTV) o f im Gültigkeitsbereich x, z.B. pRG35(STR) ⇨ pRG35 für Lärmart STR • Verwendung mathematischer Operatoren auch für verbale Aussagen: = sinngemäß gleich, synonym ≙ entspricht ~ sinngemäß ähnlich, Unterschiede im aktuellen Kontext irrelevant ≠ sinngemäß verschieden $\stackrel{\text{def}}{=}$ die eine Seite wird durch die andere Seite definiert ⇨ „daraus folgt“ o. „deshalb“, d.h. die linke Seite bedingt die rechte ⇔ Gegenteil, Gegensatz, Vergleich, Unterschied - *ohne* Leerzeichen (4-2): „bis“; *mit* (2 - 4): Subtraktion (Minuszeichen) … vorstehende Aufzählung ist nicht abschließend ≙ „u.a.“, „usw.“, … • „**Faustformel**“: Kennzeichnet Aussagen, die im Regelfall gelten und daher grob richtungsweisend sind. ABER: Sie sind nicht allgemeingültig – im Einzelfall können sie falsch sein, und das Gegenteil kann zutreffen • Nomenklaturen statt verbaler Beschreibungen[1]

[1] Verbale Beschreibungen besitzen den Vorteil, dass man sich keine Abkürzungen merken muss, führen aber häufig zu langen „Wortungetümen“, die leicht den Blick auf das Wesentliche erschweren. Das ist bei geeigneten Abkürzungen nicht der Fall. Die können aber wiederum zu kryptisch sein. Abkürzungen scheinen speziell für die zahlreichen Modellvergleiche dieser Arbeit und den damit angesprochenen Leserkreis mehr Vor- als Nachteile zu besitzen. Die Nachteile sollen durch das leicht auffindbare Abkürzungs- und Nomenklaturverzeichnis am Ende der Arbeit möglichst gering gehalten werden.

Nr.	formales Element	Erläuterung
		o für Lärm- u. Pegelarten, Akustik-Modelle, Ruhige Gebiete usw. o zur eindeutigen Kennzeichnung und Unterscheidung ⇨ Abkürzungs- und Nomenklatur-Verzeichnis am Ende der Arbeit, um ein schnelles Nachschlagen zu erleichtern: s.S. 404-411
3	Zahlen	Zahlen besitzen in dieser Arbeit aufgrund der vielen Vergleiche eine besondere Bedeutung. Um auch die Zahlen von 1 bis 12 leichter erfassen zu können, werden sie i. Allg. nicht als Zahlworte geschrieben.[2]
4a	Haupttext	Schriftart = Palatino Linotype = diese Schriftart hier
4b	Redewendungen, saloppe Ausdrücke	Schriftart = Palatino Linotype, eingeschlossen in Anführungszeichen. Beispiel: „Das ist ein Beispiel für eine Redewendung etc.“
4c	Buchtitel; Namen von Rechtsnormen, Institutionen, Produkten etc.	Schriftart = Basic Sans Light SF Beispiele: EG-Umgebungslärm-Richtlinie oder Bundesamt für Kartographie und Geodäsie • Oft nur beim ersten Auftreten oder bei besonderer Bedeutung verwendet
4d	Zitate	Schriftart = Basic Sans Light SF, eingeschlossen in Anführungszeichen Beispiel: „Das ist ein Beispiel für ein Zitat.“
5a	Fettdruck	**Definitionen und wichtige Aussagen**
5b	Kursivdruck	*Text, der leicht überlesen werden kann und dann zu Missverständnissen führen würde.*
6	Aufzählungszeichen	Um die Lesbarkeit und Orientierung zu erleichtern, wie folgt verwendet: 1) Wenn viele Eigenschaften, Ergebnisse usw. darzustellen sind, dann werden • Fließtext durch Aufzählungszeichen und • teilweise auch vollständige Sätze durch Stichworte oder reine Zahlen ersetzt. 2) Wenn es sich bei einem Satzteil um eine Kernaussage handelt, dann wird • die Kernaussage durch 1 Aufzählungszeichen vom Fließtext herausgelöst
7	Ruhige Gebiete	Der besondere Wert ruhiger Gebiete – jener Gebiete, die „ruhig“ sind – wird durch eine besondere Rechtschreibung betont: • „Ruhige Gebiete“ als „Markenname“[3]
8a	Karten, allgemein	Die Karten sollen Sachverhalte illustrieren und sind daher aus Platzgründen so klein wie möglich gewählt, ohne dass die beabsichtigte Aussage darunter leidet. Um diese in den Vordergrund zu stellen, wird auf die meisten der sonst üblichen Kartenelemente verzichtet.
8b	Karten, Nordpfeil	Alle Karten sind genordet, deshalb wird generell auf Nordpfeile verzichtet, s.o.
8c	Karten, Farben	Die Auswahl zahlreicher Farben basiert auf den Farbpaletten von: www.ColorBrewer.org by Cynthia A. Brewer, Geography, Pennsylvania State University. Die Farben werden häufig modifiziert, um bestimmte Sachverhalte zu betonen oder um Farbkonflikte mit anderen Kartenthemen zu vermeiden.
		Teil B – Copyright-Hinweise
9	Geobasisdaten, diverse	Für Abb. 3, 7, 11, 69, 70, 73, 74, 75 und 76 sowie Tab. 87 sowie das hintere Deckblatt gilt gemäß BKG (2009): Geobasisdaten © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (www.bkg.bund.de)
10	Geobasis- u. Fachdaten, diverse	Für Abb. 3, 18, 20, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34a, 35e, 36b1, 36e, 39b2, 39c2, 41, 42, 43, 47, 48, 49, 52, 54, 55, 60, 65, 66II, 66III, 66IV, 69, 71 und 72 sowie Tab. 63, 64, 65 und 87 gilt gemäß HLUG (2008): Darstellung auf der Grundlage von Daten und mit Erlaubnis des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Wiesbaden
11	Fachdaten, Landschaftsrahmenplan	Für Abb. 72a und 72c gilt gemäß RP-GI (2008): Quelle: Regierungspräsidium Gießen, obere Naturschutzbehörde, Dez. V 53.2
12	Fachdaten, Landschaftsrahmenplan	Für Abb. 72a und 72c gilt gemäß RP-KS (o.J.): Quelle: Regierungspräsidium Kassel, Obere Naturschutzbehörde

[2] „Die alte Buchdruckerregel, nach der die Zahlen von 1 bis 12 in Buchstaben und die Zahlen von 13 an in Ziffern zu setzen sind, gilt heute nicht mehr.“ (Duden, 2011b, S. 1041).

[3] Das entspricht der Schreibweise, die für Adjektive üblich ist, wenn diese „Bestandteil eines geografischen Namens sind“ (Duden, 2009, S. 86). Beispiel: „Schwarzes Meer“.

Zusammenfassung

Tab. 3: Zusammenfassung der Arbeit.

Kapitel 1 — EG-Umgebungslärm-Richtlinie

Die EG-Umgebungslärm-Richtlinie (END) setzt richtige Ziele, aber falsche Mindestanforderungen (Mengen- u. Pegelschwellen) und verfehlt deshalb ihre eigenen Ziele. Eine 1:1-Umsetzung liefert 1:1-Lärmkarten, die nur 3 Arten von Informationen enthalten: keine, fehlerhafte oder triviale. Viele 1:1-Kartierungen sind nicht nur ineffektiv, sondern auch ineffizient – kaum Erkenntnisgewinn bei hohem Aufwand (Zeit, Kosten usw.).
Der Lösungsansatz lautet: Gehe über die Mindestanforderungen hinaus und kartiere ohne Schwellenwerte.
ABER: Die entstehenden bestmöglichen (optimalen) Lärmkarten können nur ca. 20-40 % der Lärmbelästigung erklären, weil sie weiterhin auf A-bewerteten Dauerschallpegeln (L_{Aeq}, hier: L_{DEN}) beruhen. Um diese Systemgrenze künftig zu überwinden, sind weitere akustische und nicht-akustische Faktoren zu kartieren.

Kapitel 2 — Stand von Forschung und Praxis

Lärmkarten werden schon seit den 1930er-Jahren erstellt, heutzutage mit Akustik-Software als Standardmethode. In Hessen existieren 40 Jahre alte Lärmkarten aus 1974, die besser sind als die 1:1-Lärmkarten der 1. und 2. Stufe aus 2007 und 2012.
Ruhe besitzt eine Doppelbedeutung:

1) äußere Ruhe = „Lärmfreiheit" = Ruhe i.e.S.
2) innere Ruhe = „zur Ruhe kommen" = Ruhe i.w.S.

Jeder Mensch benötigt ein gewisses Maß an innerer Ruhe, um gesund zu bleiben oder zu werden oder sich wohlzufühlen. Sie stellt sich erst durch ein komplexes Zusammenspiel vieler innerer und äußerer, positiver wie negativer Faktoren ein. Lärmkartierungen i.S. der END liefern nur eine Bestandsaufnahme eines einzigen Faktors (L_{DEN}) und daher auch nur potentiell Ruhige Gebiete (pRGx). Diese besitzen die Ruhequalität x, wenn im gesamten Gebiet $L_{DEN} \leq x$ dB(A) gilt. Die Arbeit untersucht schwerpunktmäßig hochwertige pRG35.

Kapitel 3 — Projektmanagement

Die Arbeit setzt den in Kapitel 1 entwickelten Lösungsansatz um: Alle Straßen- u. Schienenlärmquellen sowie der Flughafen Frankfurt (STR, SCH u. FLG) werden kartiert (berechnet), der gesamte Pegelbereich abgedeckt, Ballungsräume und Land gleich behandelt. Benutzt werden ausschließlich vorhandene Eingangsdaten, gesetzlich vorgeschriebene Berechnungsmethoden (VBUS & Co) sowie standardmäßig verfügbare Hard- und Software. Damit ist das Vorgehen leicht übertragbar und sofort anwendbar.
Das Projektmanagement orientiert sich an 10 strategischen Grundsätzen, deren wichtigster das Pareto-Prinzip ist. Ein modular-gestuftes Vorgehen führt zu schrittweisen Modellerweiterungen auf 2 Ebenen:

1) räumlich: Wiesbaden (WI) ➡ Hessen plus Außenbereich (HEplus) ➡ Deutschland
2) inhaltlich: STR ➡ SCH ➡ FLG ➡ GES = Gesamtlärm, berechnet nach Miedema & Oudshoorn (2001)

Kapitel 4 — Erstellung der Akustik-Modelle

Bestmögliche (= optimale = vollständige) Lärmkarten entstehen in 2 zentralen Akustik-Modellen:

Modell	Rechengebiet		Modellgebiet	STR	SCH	FLG
WI	Stadt Wiesbaden (204 km²)	204 km²	505 km²	2.230 km	-	-
HEplus	Bundesland Hessen (21.116 km²) plus Außenbereich bis zur nächsten Straße	23.415 km²	28.600 km²	57.900 km	4.000 km	4.300 km

Beide Modelle beinhalten alle Lärmquellen, alle unter Beachtung des Pareto-Prinzips verfügbaren realen Eingangsdaten – insb. alle realen DTV-Werte – und ansonsten begründete Pauschalwerte:

- WI: 23,6 % der Straßen besitzen reale DTV-Werte aus der Straßenverkehrszählung 2000 (SVZ 2000)
  Rest: 90%-Perzentilwerte der längengewichteten DTV-Werte der SVZ 2000, getrennt ermittelt für Autobahnen, Bundes-, Landes- u. Kreisstraßen; alle Gemeindestraßen: 500 Kfz/24h
- HEplus: 21,8 % der Straßen besitzen reale DTV-Werte, Rest: analog WI, ABER: alle Daten aus SVZ 2005
  Details: Autobahnen, Bundes-/Landesstraßen: 70-90 % Realwerte, Kreis-/Gemeindestr.: 20 %/0 %
  81 % der Schienenwege und 100 % der Flugstrecken (DES) besitzen reale Verkehrsmengen

Sogar große Modelle wie HEplus lassen sich halb-manuell mit realen Verkehrsmengen versorgen.
Lärmkarten hängen empfindlich vom Kartierer ab, der ca. 50 Parameter frei wählen kann, wodurch selbst bei END-konformen Karten Pegeldifferenzen von bis zu 15 dB auftreten können. Sollen Lärmkarten, Dosis-Wirkungs-Funktionen etc. wirklich vergleichbar sein, sind alle 50 Parameterwerte fest vorzugeben. Um eine Kartierungsaufgabe bestmöglich zu lösen, müssen die Werte hingegen frei wählbar bleiben.

Kapitel 5 — Wiesbaden: Parameterstudien STR

Mit Modell WI werden ca. 300 Parameterstudien durchgeführt. Daraus resultiert ein optimal aufeinander

abgestimmter Satz an Parameterwerten, der die Rechenzeit auf 1/40.000-tel reduziert und die Genauigkeit in ca. 80 % der Fälle kaum verschlechtert (dL < 1 dB). Damit sind große Bundesländer – hier: HEplus ~ 100-mal WI – in derzeit bestmöglicher Qualität und vertretbarer Rechenzeit (12,5 d beim 10-m-Raster) kartierbar.

Kapitel 6 — Hessen plus: Parameterstudien STR

Mit Modell HEplus werden ca. 70 Parameterstudien durchgeführt, die folgende Kernaussagen liefern:

- Große (A > 10 km²) pRG35 lassen sich bereits mit einfach zu erstellenden Lärmkorridoren gut erfassen
- Im Frei- u. Siedlungsraum ist mit einer einheitlichen Rasterweite von Rw = 10 m zu kartieren. Die für eine wohnungsnahe Erholung wichtigen pRG-Kleinstflächen im Siedlungsraum erfordern Rw = 2 m
- Für Hessen bedeuten 1:1-Kartierungen ab der 2. Stufe 2012 ff.: a) Außenraum (RAS): 30-90 % unkartiert; 70-92 % unbrauchbare Pegel mit Fehlern dL > 5 dB i. Vgl. zur bestmöglichen Kartierungen mit allen STR; Außenraum-Belastung, L_{DEN} > 55 (65) dB(A): 53-63 (46-56) % unentdeckt; Kein einziges Ruhiges Gebiet zu finden: 100%-Ausfall. b) Lärmbelastete Menschen (FAS): L_{DEN} > 55 (65) dB(A): 67-76 (42-73) % unentdeckt

⇨ 1:1-Kartierungen unterschätzen die Lärmbelastungen ab der 2. Stufe dauerhaft um das 2-4-fache

⇨ Kartiere NICHT-1:1 = Kartiere ohne DTV- u. Pegelschwellen, idealerweise mit Real-, hilfsweise mit Pauschalwerten (besser als keine Werte). DTV-Schwellen beeinflussen die Lärmkarten-Qualität am stärksten.

Kapitel 7 — Ruhige Gebiete in Hessen

Die Lärm- u. Ruhebilanz für das Bundesland Hessen lautet (HEplus in bestmöglicher Qualität, Rw = 10 m):

Maßnahme im Lärmaktionsplan bzgl. UBA-SRU-Ziele, s. Tab. 88, S. 351	L_{DEN}	Außenraum (RAS)				Einwohner (FAS u. VBEB)			
		STR	SCH	FLG	GES	STR	SCH	FLG	GES
Gesundheitsschäden vermeiden	> 65 dB(A)	6,8 %	2,2 %	0,3 %	**8,3 %**	8,4 %	2,0 %	0,0 %	**10,7 %**
Lärm bekämpfen	> 55 dB(A)	25,7 %	8,5 %	1,5 %	**29,2 %**	54,4 %	13,5 %	3,9 %	**62,5 %**
Hochwertige Ruhige Gebiete schützen	≤ 35 dB(A)	12,2 %	63,2 %	84,7 %	**9,5 %**	0,4 %	37,1 %	56,7 %	**0,3 %**
L_{DEN}-Mittelwert in Hessen: RAS/FAS	in dB(A)	47,7	38,1	-12,4	**49,1**	55,3	40,0	3,4	**56,3**

- Erstmals wird für alle 430 hessischen Gemeinden eine faire und vollständige Prioritätenliste vorgelegt (s. Anhang): für alle 4 Lärmarten, für RAS- u. FAS-Pegel (= Lärm im Außenraum u. an Wohngebäuden)

⇨ 650.000 Menschen sind gesundheitsschädlichem Lärm ausgesetzt – 3,8 Mio. Lärm, der zu vermeiden ist

- Hessens lauteste Gemeinde (GES): Raunheim mit 71,8 dB(A); 99 (13) Gemeinden mit L_{DEN} > 55 (65) dB(A)
- STR belastet ca. 3-mal stärker als SCH u. FLG zusammen, ist ubiquitär u. prägt viele GES-Grundmuster, ABER: GES-Karte ist nicht überflüssig, da SCH u. FLG lokale/regionale Schwerpunkte setzen
- Wirkungsgerechte Zuschläge erhalten 21,1 % der SCH- und 6,3 % der FLG-Rasterpegel
- Das Rhein-Main-Gebiet ist ein gemeindeübergreifender Ballungsraum (= Hotspot): die 19 lautesten (GES) Gemeinden liegen hier; in den 10 lautesten: kein einziges pRG35(GES); Einfluss von STR u. FLG ähnlich

Für die pRG35(GES) gilt (HEplus in bestmöglicher Qualität, Rw = 10 m):

- HEplus (Hessen): Anzahl = 11.002 (10.359), Gesamtfläche = 2.312 km² (1.964 km²) ≙ 10,0 % (9,5 %) Flächenanteil, grenzüberschreitend bzgl. Anzahl (Fläche): 1,3 % (11,0 %). SCH u. FLG reduzieren Anzahl u. Gesamtfläche der pRG35(STR) auf ca. 78 % ⇨ Flächenanteil sinkt von 12,9 % auf 10,0 % (12,2 % auf 9,5 %)
- Hessens größtes pRG35(GES) (53 km²) stimmt gut mit dem Nationalpark Kellerwald-Edersee überein
- ca. 75 % der großen (A > 20 km²) pRG35(GES) stimmen mit BNatSchG-Schutzgebieten überein, ABER: nicht immer mit derselben Schutzgebiets-Kategorie. Max. Übereinstimmung: 44,2 % bei Naturparken
- 83 % der pRG35(GES) sind Wald, jedoch nicht Erholungswald – ABER: nur 19 % des Waldes ist pRG35

⇨ Ruhige Gebiete und Schutzgebiete bzw. Wald sind nicht dasselbe und nicht austauschbar

- BNatSchG/BWaldG schützen auch Ruhige Gebiete, ABER: nur indirekt, unvollständig/nicht ausreichend

⇨ Ruhige Gebiete sind eine neue und eigenständige Schutzgebiets-Kategorie

Kapitel 8 — Ruhige Gebiete in Deutschland

Ein einfaches Akustik-Modell ohne DGM u. ALK liefert für GES = STR + SCH (ohne FLG) u. Rw = 100 m:

- Deutschland (D): Anzahl = 6.783, Gesamtfläche = 50.299 km² ≙ 14,0 % von D, grenzüberschreitend: 10 %
- Bundesländer, Flächenanteile: 3,9-24,7 %, am „ruhigsten“: Mecklenburg-Vorpommern u. Brandenburg
- Deutschlands größtes pRG35(GES) (305 km²) stimmt gut mit Nationalpark Müritz-Teil Müritz überein
- 28 Großgebiete mit A > 100 km², aktuelle Flächennutzung: BNatSchG-Schutzgebiete, Gebirge, Gewässer, Truppenübungsplätze. 73 % davon lesen sich wie ein „Who’s who“ der attraktivsten Tourismusregionen

Kapitel 9 — Schutz Ruhiger Gebiete

Die gesetzlichen Vorgaben sind defizitär. ABER: Viele sofort umsetzbare Handlungsmöglichkeiten bestehen. Empfohlen wird: Kooperation aller Akteure sowie ganzheitliche Lärmaktions-, Gesamt- u. Fachplanungen.

Kapitel 10 — Fazit & Ausblick

Vollständige Lärmkarten zu erstellen ist eine Herausforderung für Akustik u. Organisationspsychologie. Die erste ist lösbar (q.e.d.), die zweite noch zu lösen und evtl. Ursache für die vielen unvollständigen 1:1-Karten.

Kurzfassung

Inhaltsverzeichnis

1. EG-UMGEBUNGSLÄRM-RICHTLINIE 20

1.1 AUFTRAG 20

1.2 DURCHFÜHRUNG DER 1. STUFE 2007 20

1.3 ERGEBNISSE DER 1. STUFE 2007 20

1.4 PROBLEME 20

1.5 LÖSUNG 21

2. STAND VON FORSCHUNG UND PRAXIS 21

2.1 METHODEN ZUR KARTIERUNG VON LÄRM UND RUHE 21

2.2 PRAXIS DER LÄRMKARTIERUNG 23

2.3 WIRKUNG VON LÄRM UND RUHE 23

2.4 DEFINITIONEN FÜR RUHIGE GEBIETE 26

3. PROJEKTMANAGEMENT 27

3.1 ZIEL, KONZEPT UND TECHNIK 27

3.2 PROZESSE, BAUSTEINE UND ARBEITSSCHRITTE 28

3.3 ZEHN STRATEGISCHE GRUNDSÄTZE 28

3.4 MODELLE UND MODULARER AUFBAU DER ARBEIT 29

4. ERSTELLUNG DER AKUSTIK-MODELLE 31

4.1 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN 31

4.2 PARAMETER 31

4.3 VON DEN DATEN ZUM MODELL UND ZUR LÄRMKARTE 32

4.4 EINGANGSDATEN 32

4.5 AKUSTIK-MODELLE 33

5. WIESBADEN: PARAMETERSTUDIEN STR 36

5.1 WARUM PARAMETERSTUDIEN – WARUM WIESBADEN? 36

5.2 VORGEHEN 36

5.3 ERGEBNISSE 37

5.4 ANMERKUNGEN ZU MODELL HE 39

6. HESSEN PLUS: PARAMETERSTUDIEN STR 39

6.1 NOMENKLATUR UND FARBEN DER KARTEN 39

6.2 STANDARDMODELL FÜR STRAßEN – STR 40

6.3 EINFLUSS DER GEBÄUDE UND DES GELÄNDES 41

6.4 EINFLUSS DER RASTERWEITE RW 43

6.5 EINFLUSS DER PAUSCHALEN DTV-WERTE $DTV_{PAUSCHAL}$ 44

6.6 EINFLUSS DER DTV-SCHWELLE $DTV_{SCHWELLE}$ 45

7. RUHIGE GEBIETE IN HESSEN 48

7.1 LÄRM- UND RUHEKARTEN FÜR STR, SCH UND FLG 48

7.2 GESAMTLÄRM GES – BERECHNUNGSMETHODEN 50

7.3 LÄRM- UND RUHEKARTEN FÜR GES 51

7.4 GESAMTLÄRM UND PRGX 52
7.5 VERGLEICH DER PRG35(GES) MIT SCHUTZGEBIETEN 52
8. RUHIGE GEBIETE IN DEUTSCHLAND 53
8.1 AKUSTIK-MODELL – MODELL D 53
8.2 LÄRMKORRIDORE – MODELL D-KORRIDORE 54
8.3 LÄRM- SOWIE RUHEKARTEN FÜR DEUTSCHLAND 54
9. SCHUTZ RUHIGER GEBIETE 56
9.1 RECHTLICHE VORGABEN 56
9.2 HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN 57
9.3 VORBILDLICHE PRAKTISCHE BEISPIELE 58
10. FAZIT & AUSBLICK 58

Ziel der Kurzfassung ist es,

- möglichst kompakt und übersichtlich
- die zentralen Aussagen der Arbeit (Langfassung) zugänglich zu machen

Folgende formale Elemente sollen helfen, das Ziel zu erreichen:

- Die Gliederungsebenen der Kurzfassung entsprechen denen der Langfassung, beschränken sich aber auf die Hauptkapitel und die erste Unterkapitel-Ebene
- Vielfach werden wortwörtliche Auszüge der Langfassung verwendet
- Auf Herleitungen, Begründungen, Fußnoten, Zitate o.Ä. wird i. Allg. verzichtet

Im Hinblick auf den letzten Punkt handelt es sich bei der Kurzfassung um einen *un*selbständigen Teil der vorliegenden Arbeit, der sich auf reine Aussagen beschränkt. Hintergrundinformationen sind daher bei Bedarf in den gleichnamigen Kapiteln der Langfassung nachzuschlagen.

Das Inhaltsverzeichnis der Langfassung beginnt auf S. 62.

1. EG-Umgebungslärm-Richtlinie

1.1 Auftrag

Die 2002 veröffentlichte EG-Umgebungslärm-Richtlinie 2002/49/EG **(END)** erteilt allen 27 Mitgliedstaaten der EU den rechtsverbindlichen Auftrag, mindestens alle 5 Jahre (2007, 2012 ff.) eine Bestandsaufnahme (= Lärmkartierung) des auf ihre Bürger einwirkenden Umgebungslärms durchzuführen und Lärmkarten zu erstellen (Abb. 2, S. 66). Die Karten bilden die Basis eines **modernen Lärmmanagements**, das unter Mitwirkung der Öffentlichkeit

- den Lärm bekämpft,
- die Ruhe schützt und
- die Öffentlichkeit über die Lärmsituation und die Lärmwirkungen informiert

Insgesamt soll dadurch ein bedeutender Beitrag für ein **hohes Gesundheits- und Umweltschutzniveau** geleistet werden.

1.2 Durchführung der 1. Stufe 2007

Fast überall in der EU erfolgte eine **strikte 1:1-Umsetzung der END** nach den vorgegebenen **Mindestanforderungen**. In Deutschland sind primär die Gemeinden zuständig. Allerdings können die Bundesländer andere Stellen für zuständig erklären. In Hessen sind daher das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) für die Lärmkartierung und die 3 Regierungspräsidien für die Lärmaktionsplanung verantwortlich.

1.3 Ergebnisse der 1. Stufe 2007

Aktuelle Lärmkarten, Lärmbelastungen und Statistiken stellt die Europäische Umweltagentur (EEA) unter http://noise.eionet.europa.eu/ bereit.
Für die 1. Stufe 2007 lauten die Ergebnisse:

- Der Kartierungsumfang in D liegt (deutlich) über dem EU-Durchschnitt
- Hessen:
  - 5,9 % des gesamten und 10,0 % des klassifizierten Straßennetzes kartiert
  - **80 %** der Fläche unkartiert und **ohne Informationen** zur Lärmsituation
  - **54 %** der Bevölkerung bleiben von der Aktionsplanung **ausgeschlossen**
  - **100 %** der Ruhigen Gebiete sind ***nicht* zu finden** – kein einziges kartiert
- Geschätzte Kartierungskosten: in Deutschland 20 Mio. € und in EU-27 100 Mio. €

Die Kartierung beschränkt sich hauptsächlich auf Autobahnen und stellt (wenig überraschend) fest, dass diese „laut" sind. Ähnliches gilt analog auch für andere Lärmarten.

1.4 Probleme

Die inhaltlichen Anforderungen der END, ihre 1:1-Umsetzung und auch die ersten Lärmkarten stehen seit **2002** wegen zahlreicher Probleme (Tab. 7, S. 74) zunehmend in der **Kritik**. Als besonders problematisch erweisen sich die Mindestanforderungen der END, weil sie durch **Schwellenwerte** den Umfang der Kartierung einschränken:

1. Nur 4 Lärmarten (Straße, Schiene, Flughäfen und Industrie) sind zu kartieren
2. Nur die stärksten Lärmquellen dieser 4 Lärmarten sind zu berücksichtigen
3. Nur hohe Pegelbereiche $L_{DEN} > 55$ dB(A) und $L_N > 50$ dB(A) sind zu betrachten
4. Ballungsräume sind umfassender als das Land zu kartieren

Insgesamt führen die **1:1-Kartierungen** zu einer **paradoxen Situation** (S. 75):

- 1:1-Karten liefern nur 3 Arten von Informationen:
  - **keine, fehlerhafte oder triviale**

- Der Erkenntnisgewinn einer solchen Bestandsaufnahme ist gering und steht in keinem Verhältnis zum Aufwand (Zeit, Personalbindung, Kosten usw.)
- Bei strenger 1:1-Umsetzung der END lassen sich die von ihr gesetzten Ziele ausgerechnet durch die von ihr selbst vorgegebenen Mindestanforderungen (Schwellenwerte) nicht erreichen

⇨ **1:1-Kartierungen sind ineffektiv *und* ineffizient**

Die Schwellenwerte halbieren sich **2012** zwar, aber die paradoxe Situation bleibt (s. Abb. 50b, S. 256). Damit besteht die Gefahr, dass die END ihr selbstgestecktes Primärziel – ein **hohes Gesundheits- und Umweltschutzniveau** sicherzustellen – verfehlt:

- Lärmbekämpfung und Ruheschutz drohen durch 1:1-Umsetzungen zu scheitern

1.5 Lösung

Der Lösungsansatz dieser Arbeit basiert auf folgender Gedankenkette (s. Abb. 4, S. 77): Ein **hohes Gesundheits- und Umweltschutzniveau** lässt sich nur durch bestmögliche Lärmaktionsplanungen etablieren, die auf bestmöglichen Lärmkarten aufbauen, welche

a) für einen großen (> 10.000 km²) Raumbereich
b) eine hochwertige Bestandsaufnahme der Lärm- und Ruhesituation
c) in einheitlicher Qualität liefern („fair" sind, s. Fußnote 58, S. 74)
d) weit weniger Probleme verursachen als die 1:1-Karten der END

Die Frage, welche Umstände für die unvollständigen Lärmkarten der 1. Stufe verantwortlich sind, führt auf die **Mindestanforderungen** (Schwellen) der END, insbesondere

- die ***Pegel*schwellen**: L_{DEN} > 55 dB(A) und L_N > 50 dB(A)
- die ***Mengen*schwellen**: DTV > 8.000 Kfz/24h usw. – ab der 2. Stufe 2012 ff.

Je niedriger die Schwellen, desto vollständiger und realistischer werden die Lärmkarten sein. Am besten sind sie dann, wenn ganz *ohne* Schwellen kartiert wird.
Deshalb besteht der **Lösungsansatz** darin,

- **Lärmkarten *ohne* Schwellenwerte** zu erstellen und
- insb. *alle* Straßen und *alle* Schienen *vollständig* zu kartieren (s. Tab. 8, S. 77)

Die dadurch entstehenden bestmöglichen Lärmkarten beruhen jedoch weiterhin auf A-bewerteten Dauerschallpegeln (L_{Aeq}, hier: L_{DEN}) und können daher grundsätzlich z.B.

- **nur ca. 20-40 %** der Lärmbelästigungen erklären

Die Arbeit bleibt somit innerhalb der **Systemgrenzen** der END und verfolgt das Ziel, erst einmal in diesem Rahmen effektive und effiziente L_{Aeq}-Lärmkarten (s.S. 74, Tab. 7: Nr. 3) zu generieren. Das hat Vor- und Nachteile (+/-):

+ L_{Aeq}-Kartierungen sind rechtlich vorgegeben, Änderungen sind nicht zu erwarten
+ Das hier praktizierte Vorgehen kann sofort END-konform angewandt werden
+ Für **großflächige Kartierungen** gibt es derzeit keine erprobte Alternativmethode
- Grundsätzliche Systemmängel bleiben unentdeckt und werden nicht beseitigt

Psychoakustische und nicht-akustische Faktoren werden hier nicht kartiert.

2. Stand von Forschung und Praxis

2.1 Methoden zur Kartierung von Lärm und Ruhe

Lärm und Ruhe lassen sich mit folgenden Methoden **kartieren** („erfassen"):

- GIS
- Lärmkorridore

- Akustik-Software
- Schallmessungen
- Ortsbegehungen mit subjektiven Bewertungen
- Befragung von Besuchern und Bewohnern

Die Reihenfolge, die nicht als Rangfolge zu verstehen ist, beginnt mit den technischen und endet mit den sozialwissenschaftlich-psychologischen Verfahren.
Lärmkarten werden schon seit den 1930er-Jahren erstellt (Scharlach, 2002). Heutzutage ist Akustik-Software *die* Standardmethode zur Lärmkartierung.

Die ersten 3 Methoden nutzen mehr oder minder komplexe mathematisch-physikalische Computer*modelle*, um die *reale akustische* Welt abzubilden und Schallpegel zu **berechnen**. Es können aber nur die Lärmquellen berücksichtigt werden, die vorher in das Modell „hineingesteckt" wurden. Die 3 Methoden kommen in dieser Arbeit mit folgenden Schwerpunkten zum Einsatz:

- GIS:
    - Eingangsdaten prüfen und für die Akustik-Software aufbereiten
    - Lärmkorridore erzeugen, anwenden und auswerten
    - Ergebnisse der Akustik-Software mit anderen Daten analysieren
- Lärmkorridore:
    - Kartierung Ruhiger Gebiete – einfache Alternative zur Akustik-Software
- Akustik-Software:
    - Berechnung von Lärm- und Ruhekarten, u.a. ohne Schwellenwerte
    - Analyse der Lärm- und Ruhekarten (analog GIS)

Kritische Arbeitsschritte werden, soweit möglich, doppelt („redundant") mit GIS und mit Akustik-Software durchgeführt, um das Fehlerrisiko zu senken (s.a. S. 125: Tab. 21, S9).

Die anderen 3 Methoden – von denen in dieser Arbeit k*eine* angewandt wird – nutzen Informationen, die direkt am Ort, wo der Schall zu hören ist, **gemessen** werden.
Bei Schallmessungen stellt das Messgerät ebenfalls ein Modell dar. Es versucht, die physikalischen Eigenschaften des Schalls möglichst realistisch in akustische Wahrnehmungsgrößen (Hör*empfindungen*) zu transformieren. Dazu ist es als Erstes erforderlich, die Frequenzabhängigkeit der Lautstärkeempfindung des menschlichen Ohres nachbilden, was das A-Bewertungsfilter *näherungsweise* gewährleistet. Die A-Bewertung wurde 1967 als internationaler Standard eingeführt, sollte aber aufgrund ihrer damals schon bekannten Unzulänglichkeiten schnellstmöglich durch eine gehörgerechtere Methode ersetzt werden – was jedoch nicht geschah. Daher basieren auch heute noch viele Mess- und Rechtsvorschriften, so auch die END, auf **A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegeln – L_{Aeq}-Pegel in dB(A)**. Und das, obwohl es der **Psychoakustik** schon seit langem gelungen ist, durch Hörversuche mit Versuchspersonen zwischen ***physikalischen* Schallreizen** und ***psychologischen* Hörempfindungen** quantitative Zusammenhänge herzustellen (Zwicker & Fastl, 2007).
Die von Schafer in den 1970er-Jahren begründete **Soundscape-Forschung** geht noch einen Schritt weiter. Bei den als **Soundwalk (Geräuschspaziergang)** bezeichneten systematischen Ortsbegehungen – oft in Kombination mit akustischen oder psychoakustischen Messungen – bewegen sich Menschen durch das Untersuchungsgebiet, nehmen die dort vorhandenen Geräusche wahr („hören") und bewerten sie. Weil die Geräusche über beide

Ohren wahrgenommen werden, liegt den Beurteilungen automatisch ein gehörgerechtes „Messgerät“ zu Grunde.
Befragungen liefern eine subjektive Bestandsaufnahme aus Sicht der Betroffenen.

Obwohl die END sowohl *berechnete* als auch *gemessene* Lärmkarten zulässt, werden alle amtlichen Lärmkarten mit Hilfe von Akustik-Software berechnet.

2.2 Praxis der Lärmkartierung

Im Zuge der Umsetzung der END in nationales Recht hat Deutschland entschieden:

- Die Lärmkarten der END sind zu berechnen (Akustik-Software)
- Die nationalen Berechnungsmethoden werden dazu END-konform abgeändert:
  - VBUS, VBUSch, VBUF, VBUI und VBEB – nur für END-Kartierungen
- Die nationalen Berechnungsmethoden bleiben für Zulassungsverfahren gültig:
  - RLS-90, Schall 03, AzB & AzD, TA Lärm – für alle übrigen Kartierungen

Dadurch existieren nun „**2 parallele Lärmkartierungswelten“**, was immer wieder zu großen Missverständnissen und erheblichem Mehraufwand führt.
Nach VBUS & Co wurde 2007 und wird 2012 kartiert – und wird auch hier kartiert.

2.3 Wirkung von Lärm und Ruhe

Menschen, Tiere, soziale und ökonomische Folgen
Lärm und Ruhe wirken auf Menschen (und Tiere) nicht nur direkt, sondern auch indirekt, z.B. über soziale und ökonomische Effekte.
Lärm ist hörbarer Schall, der

- Störungen, Beeinträchtigungen oder Gesundheitsschäden verursacht

Zum Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Lärmwirkungen schlägt das Umweltbundesamt folgende Ziele bzw. **Zielwerte** vor (UBA, 2006a; s.a. S. 351: Tab. 88, Nr. 5-8):

- $L_{DEN} \leq 55$ dB(A)
- $L_N \leq 45$ dB(A)

Das Ausmaß des Handlungsbedarfs folgt aus den **tatsächlichen Belastungen**, die über den Zielwerten (55/45) liegen. Für die *Belastung* durch Straßenlärm in Deutschland gilt:

1. nach den Berechnungen mittels Akustik-Modellen (s. Tab. 9, S. 88):
   - **50-55 %** der Bevölkerung sind durch inakzeptable L_{DEN} > 55 dB(A) ***belastet***
   - **8-18 %** sind es nach den **amtlichen** 1:1-Kartierungen der **1. Stufe**
   - ⇨ 1:1-Umsetzungen der **END *unter*schätzen** die Belasteten um das **3-7-fache**
   - ⇨ Lärm wird von Politik, Verwaltung und Gesellschaft **fehlgewichtet**
2. nach Umfragen zur subjektiv berichteten Lärm*belästigung* (Tab. 10, S. 89):
   - **45 %** fühlen sich in Hessen und **55-59 %** in Deutschland ***belästigt***
   - ⇨ gute Übereinstimmung mit den 50-55 % der Akustik-Modelle (s.o.)

Jeder zweite Mensch in Deutschland ist schädlichen Lärmpegeln ausgesetzt – und das *allein* durch *Straßen*verkehr. Lärmbekämpfung sollte daher eine dringliche und wichtige Aufgabe sein.

Lärm ab etwa L_{DEN} > 45 dB(A) kann auch ökonomische Wirkungen hervorrufen (S. 90 f.):

- 0,5-1,5 % Immobilien-Wertverlust pro 1-dB-Zunahme
- 0,9 % Mietverlust pro Jahr pro 1-dB-Zunahme
- 25 € Zahlungsbereitschaft pro Haushalt pro Jahr pro 1-dB-Abnahme
- **9-15 Mrd. €** externe Gesamtkosten in Deutschland, d.h. ca. 0,36-0,60 % des BIP

Darüber hinaus kann Lärm zu sozialer Segregation führen und Tierarten stören.

Lärmbekämpfung und Ruheschutz sind daher gewinnbringend und lohnen sich

- gesundheitlich für jeden einzelnen Menschen (und viele Tierarten)
- ökologisch und ökonomisch für Umwelt und Gesellschaft als Ganzes

Viele *Lärm*wirkungen treten nicht oder nicht in dem Maße auf, wenn *Ruhe* herrscht.

Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität

Ein ganzheitliches Verständnis von Gesundheit findet sich in der Verfassung der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 1946, p. 2, Hervorhebungen durch den Autor):

- „Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity."

Hierdurch werden die traditionellen Vorstellungen von Gesundheit beträchtlich erweitert (Daig & Lehmann, 2007), weil jeder einzelne Mensch in ein Gesundheits-Krankheits-Kontinuum eingeordnet wird, wo sich sein Platz aus dem **Wechselspiel zwischen Belastungen und Ressourcen** ergibt (Claßen, 2008). Versucht die traditionelle Medizin in ihrer **pathogenetischen Betrachtungsweise** jene Risikofaktoren (z.B. Lärm) zu ermitteln, die bei akuter oder andauernder Belastung **krank machen**, fragt die ***Salutogenese*** umgekehrt nach jenen Faktoren (z.B. Ruhe), die den Menschen – trotz der vielen und ständig auf ihn einwirkenden Umweltbelastungen – ***gesund erhalten***:

- „Was macht krank?" wird ergänzt um „Was macht oder hält gesund?"

Um ein vollständiges Bild der Gesundheit im Sinne der WHO-Definition (s.o.) zu erhalten, sind grundsätzlich *alle* Faktoren zu erheben („zu kartieren") und zu analysieren, die zum **Wohlbefinden („well-being")** eines einzelnen oder aller Menschen (**„Public Health"**) beitragen. Als problematisch erweist sich die Vielzahl möglicher Interpretationen, z.B. von Lebensqualität als (WHO, 1998, p. 11, Hervorhebungen durch den Autor):

- „individuals' perceptions of their position in life in the context of the culture and value systems in which they live and in relation to their goals, expectations, standards and concerns."

Demnach ist Lebensqualität das, was jeder Einzelne dafür hält. Um sie zu messen, hat die WHO den WHOQOL-100-Fragebogen entwickelt. Von den 100 Fragen befassen sich auch einige mit Lärm und **Ruhe i.e.S.** (s.u.). Aufgrund des WHOQOL-100 gilt:

- **Lärm und Ruhe tragen zu Wohlbefinden und allgemeiner Lebensqualität bei** – wenn auch nur als wenige von 100 Faktoren.

Ruhe und Ruhige Gebiete

Ruhe ist kein neues Thema. Bereits **vor 100 Jahren** forderte Sommer (1913) öffentliche Ruhehallen. Seit **1974** liegen für **ganz Hessen** Lärm-Übersichtskarten vor, welche die von Lärm belasteten Flächen *und* „ruhebedürftige Landstriche, das sind Naturparke, Erholungswaldgebiete und Erholungswälder" zeigen (Hessen, 1974, S. 11, Hervorhebungen durch den Autor).

Die Lärmkartierung Hessen 2007 und Lärmkartierung Hessen 2012 beruhen auf einer strengen 1:1-Umsetzung der END. Sie liefern daher zwar kein einziges Ruhiges Gebiet (s. Abb. 3, S. 73 u. Abb. 50b, S. 256), aber die Erkenntnis:

- Die ca. 40 Jahre alten **Lärmkarten von 1974** sind **besser als** die von 2007 und **2012**

Schon vor nahezu 35 Jahren machten Fleischer (1978, 1979) und Krause (1978) Vorschläge zur Messung von Ruhe über Ruhepausen.

Eigene, nicht-repräsentative Befragungen führen zu folgenden Hypothesen:

- Menschen differenzieren deutlich zwischen Stille und Ruhe, aber nicht einheitlich
- Ruhe besitzt eine inhaltliche **Doppelbedeutung**:
    1) **Äußere Ruhe = Ruhe i.e.S.**: ein positiver Zustand der **Außen**welt (Umwelt), der an das Vorhandensein rein akustischer Faktoren gebunden ist:
        - relativ große Lärm- bzw. Geräuschfreiheit *oder*
        - Überwiegen von Naturgeräuschen[4]
    2) **Innere Ruhe = Ruhe i.w.S.**: ein positiver Zustand der **Innen**welt, gleichbedeutend mit z.B.
        - „zur Ruhe kommen"
        - Entspannung und Erholung genießen[5]

Hier bestehen Anknüpfungspunkte zu dem von Schafer (1977, 1988, 1994) als Gegenentwurf zur klassischen Lärmbekämpfung eingeführten Konzept der Soundscapes (s.o.). Danach handelt es sich bei Ruhigen Gebieten um Orte mit besonderen Soundscapes. Diese entstehen über **multifaktorielle Wirkungszusammenhänge**: Neben den Geräuscheigenschaften spielen akustische, visuelle und sonstige Wahrnehmungsprozesse sowie situative und personale Faktoren eine Rolle – was einer Symbiose aus **Physik-Psychoakustik-Psychologie („PPP")** gleichkommt.

Einen multifaktoriellen, GIS-gestützten Ansatz verfolgt das seit 1991 in Großbritannien durchgeführte Tranquillity Mapping, dessen wichtigste Ergebnisse lauten (CPRE, 2005):

- **14 %** der Befragten verbinden Tranquillity (~ innere Ruhe) direkt mit **Lärm**
- **34 %** halten die Anwesenheit anderer **Menschen** für unvereinbar mit Tranquillity
- **Positive Faktoren : negative Faktoren = 44 % : 56 %**

Ruhewirkungen – Ruhe als Ressource

Empirische Untersuchungen zu Ruhewirkungen (S. 101 ff.) ergeben folgendes Bild:

- **Ruhe** tritt häufig vergesellschaftet mit Stille, Naturgeräuschen, Natur, Grün, Parks, Wald, Wildnis u.Ä. auf
- Ruhe wird von Menschen als (sehr) positiv bewertet und häufig nachgefragt
- Ruhe besitzt einen hohen Nutzen für den Menschen:
    - o Ruhe hilft, gesund zu bleiben oder gesund zu werden
    - ⇨ Ruhe ist eine Gesundheitsressource
- **Ruhige Gebiete** sind für Menschen **attraktiv, wohltuend und nützlich**
    - ⇨ Ruhige Gebiete sind eine **Gesundheitsressource**

⇨ Menschen sollten schon aus purem Eigennutz Ruhige Gebiete schützen[6]

Daraus resultiert folgendes Gedankenmodell, das auch dieser Arbeit zu Grunde liegt:

1) **Jeder Mensch** benötigt ein gewisses Maß an **innerer Ruhe**, um gesund zu bleiben, gesund zu werden oder sich wohlzufühlen
2) Innere Ruhe stellt sich erst durch ein komplexes Zusammenspiel **vieler** innerer und äußerer, positiver und negativer **Faktoren** ein
3) Art, Intensität und Qualität der Faktoren sind für jeden Menschen individuell verschieden und zudem (lebens)zeitabhängig
4) Positive und negative Faktoren können sich gegenseitig verstärken oder kompensieren

---

[4] Fleischer (1979, S. 130) versteht unter Ruhe „die Geräusche der Natur ... soweit sie ohne den Menschen zustande kommen."

[5] Guski (1987, S. 70) verbindet mit Ruhe „... vor allem die Zustände Stille, Frieden und Erholung."

[6] Weitere Gründe für den Schutz Ruhiger Gebiete: Eigenwert, Kulturgut, Nutzen für Tierarten, s.a. Kap. 9.3, S. 361.

5) **Äußere Ruhe, Stille, Natur, Grün, Wald, Naturgeräusche u.Ä.** sind relativ universelle äußere „Wohlfühl"-Faktoren, die vielen Menschen zu innerer Ruhe verhelfen *können*
6) **Ruhige Gebiete** sind Orte, in denen mindestens einer dieser „Wohlfühl"-Faktoren so beschaffen ist, dass Menschen dort innere Ruhe finden *können*
7) Die **Qualität** eines Ruhigen Gebietes ist umso höher, je mehr „Wohlfühl"-Faktoren dort gleichzeitig auftreten, je größer ihre Intensität und ihre Qualität sind und je stärker sie die negativen „Belastungs"-Faktoren kompensieren
8) Äußere Ruhe als einer der „Wohlfühl"-Faktoren bedeutet *näherungsweise* **Lärmfreiheit**
9) Lärm und Lärmfreiheit hängen *auch* vom **A-bewerteten Dauerschallpegel LDEN** ab
10) Eine **Kartierung** des A-bewerteten Dauerschallpegels LDEN (= Lärmkartierung i.S. der END) liefert daher die Lage von ***potentiell* Ruhigen Gebieten**
    = Anhaltspunkte (Indizien) dafür, wo es lärmfrei sein *könnte*
    = Wo Ruhe als einer der „Wohlfühl"-Faktoren *zu vermuten* ist
    = Wo die wahren Ruhigen Gebiete liegen *könnten*
11) Ob das *potentiell* Ruhige Gebiet *tatsächlich* ein ***wahres* Ruhiges Gebiet** ist und damit zu innerer Ruhe führen kann, lässt sich erst nach Überprüfung (Kartierung) aller übrigen Faktoren entscheiden

Der systembedingte Ansatz dieser Arbeit konzentriert sich auf den einen Faktor LDEN und verfährt nach dem **Motto**:

- Lieber jetzt in nicht idealen Karten *potentiell* Ruhige Gebiete finden – um sie, wenn auch ungenau, schützen zu können – als noch lange auf ideale Karten warten und Gefahr laufen, dass das Schutzgut „Ruhe" bis dahin zerstört ist

Mit diesen Informationen können Politik und Verwaltung **ab sofort** Maßnahmen zum Schutz Ruhiger Gebiete ergreifen und dadurch einen **4-fachen Nutzen** erzielen:

1. Negative Lärmwirkungen verhindern ⇨ Krankheiten vermeiden ⇨ Pathogenese
2. Positive Ruhewirkungen erzeugen ⇨ Gesundheit fördern ⇨ Salutogenese
3. Ruhe und Naturgeräusche als Natur- und Kulturgut erhalten ⇨ kulturelles Erbe
4. Ruheräume für Tiere sichern ⇨ Artenschutz

2.4 Definitionen für Ruhige Gebiete

Pegelwerte für Ruhige Gebiete finden sich in

- Rechtsnormen – Tab. 14, S. 109
- Kartieranleitungen und -empfehlungen – Tab. 15, S. 110
- tatsächlich durchgeführten Kartierungen – Tab. 16, S. 112

Zusammenfassend zeigt sich, dass **aktuelle Definitionen** für Ruhige Gebiete

- im Bereich LDEN = **30-55 dB(A)** liegen,
- mit einer Spannweite von 25 dB einen enormen Wertebereich überstreichen,
- oft mit zusätzlichen Kriterien (z.B. Mindestflächen) kombiniert werden,
- zwar auch Ruhe*zeit*anteile, andere akustische und nicht-akustische Faktoren berücksichtigen, dies aber oft nur qualitativ (nicht quantitativ) und
- insgesamt sehr heterogen sind

Häufig werden Ruhige Gebiete mit Hilfe von **LDEN-Schwellen** definiert:

- Wenn **LDEN ≤ x dB(A)**, dann liegt ein Ruhiges Gebiet vor
- Wenn **LDEN > x dB(A)**, dann liegt *kein* Ruhiges Gebiet vor

Hier fungiert **x als Schwellenwert**, der eindeutige Ja-Nein-Aussagen gestattet. Damit lässt sich für jeden Punkt eines Untersuchungsgebietes eindeutig ermitteln, ob er zu einem Ruhigen Gebiet gehört oder nicht. Das Ruhige Gebiet lässt sich „metergenau" abgrenzen.
Ruhige Gebiete über **LDEN-Schwellen** zu definieren, hat Vor- und Nachteile (s.S. 115). Als besonders nachteilig erweist sich, dass die Schwellen 2-fach unrealistisch sind: Die Ruhigen Gebiete hängen einerseits von multiplen Wirkfaktoren ab, andererseits gehen von ihnen selbst multiple Wirkungen aus. Ihre Festlegung sollte daher in Abhängigkeit vom lokalen Kontext erfolgen, nicht jedoch über einen kontextunabhängigen, allgemeingültigen und fixen LDEN-Wert.
Das alles spiegelt nur wider, was oben bereits festgestellt wurde:

- **LDEN** ist *nur* ***einer*** **von vielen** Faktoren
- Erst alle Faktoren gemeinsam bestimmen, ob wirklich ein Ruhiges Gebiet vorliegt (wRG in Abb. 5, S. 116)
- ⇨ **Ruhige Gebiete können** nach heutigem Kenntnisstand ***nicht*** **über ein Einzelkriterium** ***abschließend*** **kartiert** werden, schon gar nicht über eine einzige rein akustische Pegelgröße wie den LDEN

Daher verwendet die vorliegende Arbeit keine LDEN-Schwellen, sondern **LDEN-Qualitäten**:

- *Jedem* Gebiet G wird eine **Qualität x** zugeordnet, die angibt, wie sehr es sich *allein* aufgrund des *einen* Faktors **LDEN** und der *einen* Lärmart Y als Ruhiges Gebiet eignet:
  - Wenn: $L_{DEN}(G, Y) \leq x$ dB(A)
  - dann: Gebiet G besitzt bzgl. der Lärmart Y die Ruhe**qualität** x
  - dann: ein ***potentiell*** **Ruhiges Gebiet pRGx** = pRGx(Y) liegt vor
- Klassische Lärmkarten stellen diese LDEN-Qualität dar – mehr nicht
- Da das Qualitätskriterium nur auf LDEN beruht, muss vorsichtig von ***potentiell*** **Ruhigen Gebieten** – ***p*****RGx** – gesprochen werden. Erst wenn alle anderen positiven und negativen Faktoren die durch LDEN gegebene „Erstbeurteilung" bestätigen oder zumindest nicht widerlegen, liegt ein ***wahres*** **Ruhiges Gebiet (*w*RG)** vor

Nach Abwägung zahlreicher Gründe wird entschieden (s. Tab. 19, S. 117):

- **pRG35** werden in der vorliegenden Arbeit schwerpunktmäßig untersucht
  - ≙ Qualität **x = 35**, d.h. im gesamten Gebiet gilt: **LDEN ≤ 35 dB(A)**
  - ≙ **hochwertige** potentiell Ruhige Gebiete

Nur mit *bestmöglichen* Lärmkarten, die *alle* Lärmquellen beinhalten und den *gesamten* Pegelbereich abdecken, lassen sich *nachträglich* auch beliebig *andere* x-Werte analysieren.
Mit Fehlern 1. und 2. Art ist jedoch immer zu rechnen (s. Tab. 20 und Abb. 6, S. 120).

3. Projektmanagement

3.1 Ziel, Konzept und Technik

Das Hauptziel (s.S. 8 ff.) besteht darin, hochwertige, faire und großflächige (> 10.000 km²) Akustik-Modelle aufzubauen und damit **bestmögliche Lärmkarten** zu generieren, die zuverlässige Antworten liefern auf die beiden zentralen Fragen:

- Wo sind die Lärmbelastungen wie groß?
- Wo liegen die potentiell Ruhigen Gebiete?

Lärmaktionsplaner, andere Planer und Akteure können die Karten vielfältig nutzen:

1. um Lärm zu bekämpfen und gleichzeitig Ruhige Gebiete zu schützen

2. um lärmbedingte Gesundheitsschäden, Belästigungen u. Nachteile zu verhindern
3. um Gesundheit, Lebensqualität und Wohlbefinden vieler Menschen zu verbessern

Das Ziel wird über folgendes **Konzept und** mit folgenden **Methoden** verwirklicht:

a) mit den aktuell vorgeschriebenen Berechnungsmethoden (VBUS & Co)
b) mit den momentan verfügbaren Daten (keine Neuerhebungen)
c) mit standardmäßig verfügbarer Hard- und Software

Gegenüber den amtlichen 1:1-Kartierungen lautet die **einzige Änderung** (Abb. 7, S. 122):

d) **3 von 4 END-Schwellen** (= Nr. 5-7 in Tab. 7, S. 74) werden **aufgehoben**:
   - *alle* Lärmquellen – konkret *alle* Straßen u. *alle* Schienen – werden berechnet
   - der *gesamte* Pegelbereich wird betrachtet
   - Ballungsraum und Land werden *einheitlich* in gleicher Qualität kartiert

Damit sind die hier durchgeführten Lärmkartierungen END-konform.[7]

Die Entscheidung hat Vor- und Nachteile (+/-):

+ Das Vorgehen und die damit gemachten Erfahrungen und Erkenntnisse lassen sich sofort auf andere END-Kartierungen übertragen
- Psychoakustische und nicht-akustische Einflussfaktoren bleiben als systembedingte Defizite außen vor und sind im Einzelfall ergänzend zu beachten

Damit bewegt sich die Arbeit zwar in den **Systemgrenzen des A-bewerteten Dauerschallpegels Lden**, schöpft aber wenigstens die Möglichkeiten innerhalb des **Lden-Systems** voll aus, indem sie darin die ***derzeit* bestmöglichen Lärmkarten** produziert.

Als Hardware für die Erstellung und Analyse der Akustik-Modelle kommen zum Einsatz:

- 1 Notebook mit Intel Core 2 Duo Processor T7500 (2.20 GHz), 2 GB RAM
- 1 PC mit Dual CPU Intel Xeon Processor E5420 (2.50 GHz), 32 GB RAM, 64-bit-Windows
- 1 Rechencluster aus 5 PCs mit Quad-Core Intel Xeon Processor X 5365, 4 GB RAM

Als Software werden folgende Produkte eingesetzt:

- Akustik-Software: CadnaA der Fa. DataKustik, Version 3.6-4.2
- GIS: ArcGIS mit Spatial Analyst der Fa. ESRI, Version 9.1-10
- Statistiken u. Tests: EXCEL 2007 und EXCEL 2010 der Fa. Microsoft
- Dokumentation: Word 2007 und Word 2010 der Fa. Microsoft

Den typischen Prozessablauf einer Lärmkartierung zeigt Abb. 8 (S. 123).

3.2 Prozesse, Bausteine und Arbeitsschritte

Das entwickelte **Konzept** zeichnet sich dadurch aus, dass möglichst alle wichtigen Arbeitsschritte **2-gleisig** und damit unabhängig voneinander mit 2 Software-Produkten – CadnaA, GIS und/oder EXCEL – durchgeführt werden (Abb. 9, S. 124).

3.3 Zehn strategische Grundsätze

Die praktische Umsetzung des Konzeptes wird durch **10 strategische Grundsätze** gesteuert (Tab. 21, s.u.). Sie gleichen mit dem Ziel der Arbeit verknüpften **roten Fäden** und sollen zu effektiven und effizienten Entscheidungen und Handlungen führen.

Als Zünglein an der Waage dient das **Pareto-Prinzip** (S1 in Tab. 21 und Abb. 10, S. 126):

- „This principle states that in any population that contributes to a common effect, a relative few of the contributors – the vital few – account for the bulk of the effect. The principle applies widely in human affairs." (Juran & Godfrey, 1998, p. 5.20-5.21)

[7] Die Vorsilbe „Mindest" in den Mindestanforderungen der END verbietet nicht, mehr zu tun.

Für die vorliegende Arbeit bedeutet das:

- Wenige Faktoren verursachen bereits die meisten Lärm- und Ruhewirkungen
- Geringer Mehraufwand kann dennoch zu hochwertigen Lärmkartierungen führen
- Wenige wichtige Parameter richtig wählen, garantiert bereits bestmögliche Karten

Tab. 21: Zehn strategische Grundsätze für die Lärmkartierungen dieser Arbeit.
Legende: grau = in der Arbeit aufwandsbedingt nicht explizit behandelt, s.a. Abb. 1, S. 8.

Nr.	Strategischer Grundsatz
S1	Pareto-Prinzip anwenden: Nur Arbeiten durchführen, die effektiv und effizient sind, d.h. stets zielbezogen den Nutzen und das Aufwand-Nutzen-Verhältnis abwägen (Abb. 10 u. Fußnote 65 f., S. 75).
S2	Eigenes Berechnungsmodell erstellen, das vielseitig verwendbar ist, dabei möglichst lange mit Originaldaten arbeiten und räumliche Qualitätsunterschiede (z.B. Land ⇔ Ballungsraum) vermeiden.
S3	Modular-gestuftes Vorgehen, d.h. schrittweise Modellerweiterungen auf mehreren Ebenen: I. räumlich: Wiesbaden ➡ Hessen ➡ Deutschland II. inhaltlich: a) Lärmarten: Straßenlärm ➡ Schienenlärm ➡ Fluglärm ➡ Gesamtlärm ➡ … b) Methoden: Akustik-Software ➡ GIS ➡ Schallmessungen ➡ Bewertungen ➡ … c) Analysen: L_{DEN}, Rasterpegel (RAS) ➡ Fassadenpegel (FAS) ➡ Belastete (VBEB) ➡ … Ruhe = pRGx = niedrige/mittlere Pegel ➡ mittlere/hohe Pegel = Lärm Siehe Abb. 12 und Abb. 13, S. 130 f. – vergleiche mit Abb. 1, S. 8.
S4	Praxisnah arbeiten und auf einen hohen Nutzen für andere Anwender achten.
S5	Aktuellen Forschungsstand berücksichtigen.
S6	Daten möglichst alle von einem Lieferanten beziehen und fehlende notfalls manuell ergänzen.
S7	Keine Vereinfachungen im Modell ohne vorherige Fehlerabschätzungen, deshalb Parameterstudien.
S8	Pauschalwerte als „Worst Case“ für Ruhige Gebiete wählen, aber dennoch darauf achten, dass sie auch für Fassadenpegel und Belastetenzahlen (VBEB) brauchbar sind.
S9	Kontinuierliche Qualitätssicherung: • 100%-Dokumentation aller Arbeiten • Kontrolle aller Ergebnisse in CadnaA, ArcGIS und/oder EXCEL • Kontrolle akustischer Effekte durch einfache Tests und Testgebiete, s. Abb. 12 u. Abb. 13, S. 130 f. • Datensicherung • Einsatz alternativer Methoden (Schallmessungen, Bewertungen, Befragungen, ...), um die Lärmkarten durch weitere akustische und nicht-akustische Faktoren zu verifizieren
S10	Schwerpunkte setzen: L_{DEN}, Rasterpegel (RAS), Ruhige Gebiete, hochwertige pRG35.

3.4 Modelle und modularer Aufbau der Arbeit

Folgende Nomenklatur wird verwendet:

- **Modellgebiet** = **MoG** = Fläche, in der eine Modellaufbereitung erfolgt
- **Rechengebiet** = **ReG** = Fläche, in der Schallpegel berechnet werden
- **Untersuchungsgebiet** = **UG** = Fläche, die beschrieben oder untersucht wird
- **Akustik-Modell** = **Modell** = akustisches Abbild der Wirklichkeit

Oft gilt: UG ⊆ ReG ⊆ MoG, ReG ist stets eine Teilmenge (⊆) von MoG, s. Abb. 11, s.u.

Lage und Merkmale der erstellten Modelle zeigen Abb. 11 (s.u.) und Tab. 22 (S. 129).

Die Kartierungen finden in 6 Phasen (1-6) statt (s. Tab. 22, S. 129). Mit jeder Phase wird entweder das Modellgebiet oder die inhaltliche Fragestellung oder beides erweitert. Das Vorgehen erfolgt somit modular-gestuft in 2 Haupt-Dimensionen (s.o.: Tab. 21, S3):

I. Erweiterung des **Raumes**:
   - WI ➡ HEplus ➡ D

II. Erweiterung des **Inhaltes**:
   a) bzgl. der **Lärmarten**:

- STR ➡ SCH ➡ FLG ➡ GES ➡ ...

b) bzgl. der **Kartiermethoden**:
- Akustik-Software ➡ GIS ➡ Schallmessungen ➡ Bewertungen ➡ …

c) bzgl. der **Analysen**:
- L_{DEN} ➡ L_D ➡ L_E ➡ L_N ➡ ...
- RAS ➡ FAS ➡ Belastete (VBEB) ➡ …
- Ruhe = pRGx = niedrige/mittlere Pegel ➡ mittlere/hohe Pegel = Lärm

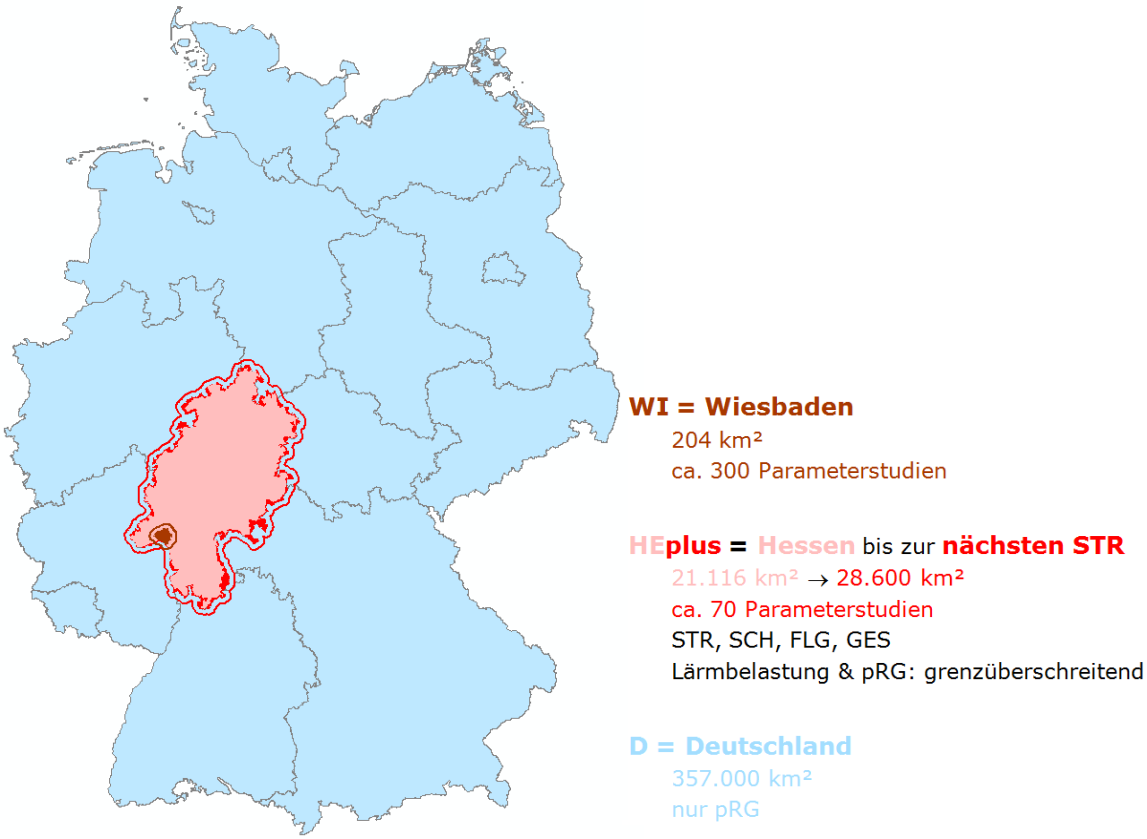


Abb. 11: Lage der Modell- und Rechengebiete von WI, HEplus und D.

Als Erstes wird die Stadt Wiesbaden kartiert (Modell **WI**, Fläche A = 204 km², s.a. Abb. 11, braun): ein überschaubares und gleichzeitig ausreichend repräsentatives Gebiet, um ca. 300 Parameterstudien durchführen zu können. Hier wird ermittelt, wie sich jeder einzelne der ca. 50 frei wählbaren Parameter[8] auf Rechenzeit und Rechengenauigkeit auswirkt – und welches die Kern-Parameter mit dem größten Einfluss sind. Damit lässt sich ein optimal aufeinander abgestimmter Satz an Parameterwerten ableiten, der die Kartierung des ca. 100-mal größeren Modells **HEplus** (A = 23.415 km²) in hoher Genauigkeit und akzeptabler Rechenzeit ermöglicht. HEplus ist das zentrale Modell der Arbeit. Es ist ausreichend repräsentativ, um das Hauptziel – hochwertige, faire und großflächige Lärmkarten – zu verwirklichen, aussagekräftige Ergebnisse zur Lärmbelastung und zu potentiell Ruhigen Gebieten (pRG) zu erhalten und zu gewährleisten, dass das hier praktizierte Vorgehen auf andere Kartierungen übertragbar ist. In HEplus wird untersucht, wie sich besonders wichtige Kern-Parameter auf die Lärmbelastungen und pRG auswirken. Dadurch

[8] Eingangsdaten, attributive und geometrische Vereinfachungen sowie Software-Einstellungen, s. Kap. 4.2, S. 137.

lässt sich das 15-mal größere Modell **D** (A = 357.115 km²) hinreichend genau berechnen und für Deutschland die größeren (A > 1 km²) pRG35 zuverlässig kartieren.
Während es bei WI ➡ HEplus noch möglich ist, Raum und Inhalt gleichzeitig zu erweitern, lässt sich der Raum bei HEplus ➡ D nur auf Kosten des Inhaltes ausdehnen.

4. Erstellung der Akustik-Modelle

4.1 Berechnungsgrundlagen

Straßen-, Schienen- und Fluglärm werden in dieser Arbeit nach den in Deutschland gesetzlich vorgeschriebenen Berechnungsmethoden – VBUS, VBUSch und VBUF – kartiert.

4.2 Parameter

Berechnungsmethoden beschreiben bestimmte Sachverhalte nicht eindeutig oder gar nicht. In CadnaA und jeder anderen Akustik-Software kann bzw. muss jeder Kartierer (Nutzer)

1. **ca. 30** Parameterwerte über Software-Einstellungen **frei wählen**

Neben diesen software-spezifischen Parametern gibt es noch weitere:

2. Eingangsdaten
3. attributive und geometrische Vereinfachungen
4. sonstige Parameter

⇨ **ca. 50** Parameterwerte sind insgesamt bei jeder Lärmkartierung **frei wählbar**

- Die entstehenden Lärmkarten sind i. Allg. **alle konform** zu VBUS & Co

⇨ **Jede Lärmkarte hängt vom Kartierer ab** – und das gleich **50-fach**

Ein inhaltlicher Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit besteht darin, den Einfluss der 50 frei wählbaren Parameter quantitativ zu erfassen und gezielt zu nutzen:

- Ermittlung des Einflusses der Parameter(werte) auf Rechenzeit und -genauigkeit
  - ⇨ Die Erkenntnisse sind verallgemeinerbar und auf andere Kartierungen übertragbar
- Ermittlung eines **optimalen Satzes an Parameterwerten**, der *passgenau* für die Randbedingungen dieser Arbeit einen **bestmöglichen Kompromiss aus Rechenzeit und -genauigkeit** gewährleistet:
  - ⇨ Die Erweiterungen WI ➡ HEplus ➡ D lassen sich realisieren
  - ⇨ Für das ganze Bundesland Hessen (~HEplus) lassen sich vollständige (bestmögliche) Lärmkarten erstellen und so das Hauptziel der Arbeit erreichen

Mit den ca. 50 frei wählbaren Parametern sind **erhebliche Konsequenzen** verbunden:

- Jede Lärmkarte hängt empfindlich vom jeweiligen Kartierer ab
  - o **Faustformel: Pegeldifferenzen** bis **~15 dB** sind möglich (Jäschke, 2011a)
  - o Das gilt selbst dann, wenn die beiden Parameter „Software-Produkt“ und „Rechenvorschrift“ fest vorgegeben werden (hier: CadnaA und VBUS)
- Sollen Lärmkarten – oder auch Dosis-Wirkungs-Funktionen etc. – wirklich vergleichbar sein, sind strenggenommen für *alle* 50 Parameter **Referenzwerte** *fest* vorzugeben – wenigstens aber für die einflussreichsten Kern-Parameter
- Sollen hingegen Kartierungsaufgaben bestmöglich gelöst werden, müssen *alle* Parameterwerte *frei* wählbar bleiben

- Lärmkartierungen sind nur dann transparent und nachvollziehbar, wenn eine **vollständige Dokumentation und Begründung** aller Parameterwerte, d.h.
    - aller Arbeitsschritte (Eingangsdaten, Vereinfachungen) und
    - aller Software-Einstellungen

  erstellt und veröffentlicht werden
- **Lärmkarte und Dokumentation (Metadaten) bilden eine gleichberechtigte Einheit**, die jeder Kartierer erstellen und jeder Auftraggeber einfordern sollte
- Nur öffentlich zugängliche Dokumentationen gewährleisten einen für alle Akteure gewinnbringenden **Prozess der kontinuierlichen Verbesserung**
    - Nur damit lassen sich Lärmkarten richtig interpretieren und nutzen[9]
- Lärmaktionsplaner, andere Nutzer und auch die Öffentlichkeit sollten gegenüber Lärmkarten ohne aussagekräftige Dokumentation kritisch sein

4.3 Von den Daten zum Modell und zur Lärmkarte

Abb. 17 (S. 142) listet in chronologischer Reihenfolge alle wesentlichen Arbeitsschritte auf, die von den Eingangsdaten zum Berechnungsmodell und damit weiter zur Lärmkarte führen. Hervorgehoben werden vor allem typische Näherungen und Vereinfachungen, die so oder ähnlich bei größeren oder komplexeren Modellen immer stattfinden (müssen).

4.4 Eingangsdaten

Jedes Akustik-Modell benötigt Eingangsdaten, die folgende Informationen liefern:

- die Lage der akustisch relevanten Objekte – Geobasisdaten
- die akustischen Eigenschaften der Objekte – Fachdaten

Geobasisdaten

Die Geobasisdaten der in dieser Arbeit erstellten Akustik-Modelle kommen qualitätsgesichert und mit einer Lagegenauigkeit von mindestens ±3 m von 2 Lieferanten:

- BKG: Hessen plus **Außenbereich bis 12 km (~ HEplus)**, ABER: ***keine* Gebäude**
- HLBG: nur Hessen, dort auch ***alle*** Gebäude

Unterschiede bestehen also im räumlichen Umfang und bei den Gebäuden.

Ein wichtiges Ziel der Arbeit besteht darin, ein Modell aufzustellen, dass für Hessen

- alle akustischen Einwirkungen von außerhalb berücksichtigt
- alle grenzüberschreitenden Ruhigen Gebiete vollständig erfasst

Deshalb werden Daten von beiden Lieferanten wie folgt kombiniert (s.a. Tab. 25, S. 145):

Nr.	Raumbereich	Geobasisdaten				
		Gebäude	Gelände	Straßen	Schienen	Sonstiges
1	Hessen	HLBG	BKG	HLBG	BKG	BKG
2	Außenbereich	nicht berücks.		BKG		

Fachdaten zur Bestimmung der Emissionspegel

Die Rechenvorschriften VBUS, VBUSch und VBUF bestimmen, welche Fachdaten die Modelle als Eingangsdaten (Parameter) benötigen. Da man in Hessen nicht jeden Parameter mit realen Werten[10] versorgen kann – weil solche nicht existieren oder nicht verfügbar sind –, muss vielfach auf plausible Pauschalwerte zurückgegriffen werden.

---

[9] Das ist z.B. dann wichtig, wenn Lärmkartierung und Lärmaktionsplanung *nicht* in einer Hand liegen.

[10] Nomenklatur (s. Tab. 23, S. 140):

- **Realwert, real** = ein individuell für jedes einzelne Objekt erhobener Wert, z.B. die realen DTV-Werte der SVZ 2005
- **Pauschalwert, pauschal** = ein *nicht* individuell erhobener Wert, z.B. die Q90*/Q90-Pauschalwerte

Reale Verkehrsmengen werden wie folgt zugewiesen:

- Straßen: DTV-Werte aus der amtlichen Straßenverkehrszählung 2005
- Schienen: amtliche DESTATIS-Statistiken 2005 u. aktuelle Fahrpläne 2008
- Flugverkehr: Datenerfassungssystem DES 2005 des Flughafens Frankfurt

Damit in den Akustik-Modellen ***alle* Lärmquellen** der kartierten Lärmart „aktiv" sind, erhalten alle Verkehrswege ohne verfügbare Realwerte folgende *Pauschal*werte:

- Straßen:
  - klassifiziertes Netz: widmungsspezifische 90%-Quantilwerte (Q90)
  - Gemeindestraßen: DTV = 500 Kfz/24h
- Schienen: Zugzahl = 10 Güterzüge/a
- Flugverkehr: keine Pauschalwerte, da DES alle Realwerte enthält

Für die restlichen Parameter von VBUS & Co können ebenfalls nur plausible Pauschalwerte verwendet werden. Neben Gelände, Gebäuden und Lärmquellen enthalten die Modelle noch die Lärmschutzwände der Lärmkartierung Hessen 2007. Unberücksichtigt bleiben alle sonstigen Objekte, insb. Tunnel und Brücken, kleinere Dämme und Einschnitte.

4.5 Akustik-Modelle

Informationen zu den Akustik-Modellen dieser Arbeit enthalten:

- Tab. 22, S. 129: Überblick und Vergleich
- Kap. 4.5.1-4.5.7, S. 153-181: Aufbau der Modelle, insb. von WI und HEplus

Akustik-Modelle für Wiesbaden (WI), Hessen plus Außenbereich (HE u. HEplus)

Alle wesentlichen Arbeitsschritte, die zum Aufbau der später diskutierten Akustik-Modelle (s.S. 129: Tab. 22, Phase 0-6) durchgeführt wurden, werden so detailliert beschrieben, dass sie grundsätzlich reproduzierbar und auf andere Anwendungsfälle übertragbar sind. Dazu werden die Bestandteile eines jeden Modells systematisch in der Reihenfolge Rechen- und Modellgebiet, Gelände, Lärmquellen, Gebäude und Lärmschutzwände erörtert. Auf reale und pauschale Parameterwerte, geometrische und attributive Vereinfachungen sowie mögliche Alternativen wird besonders eingegangen.

Ergebnisse und Empfehlungen

Die Erstellung der Akustik-Modelle WI, HE und HEplus liefert folgende Erkenntnisse:

- WI und HEplus sind die derzeit *bestmöglichen* Modelle für Wiesbaden und Hessen
- Der Aufbau von WI (204 km²) liefert wertvolle Erfahrungen, um das ca. 100-mal größere Modell HEplus (23.415 km²) erstellen zu können. Vieles, aber nicht alles, ist übertragbar:
  - Große strategische Modelle erfordern z.T. vollkommen andere Bearbeitungsmethoden als kleine lokale Modelle
- HEplus erstreckt sich über die Landesgrenze von Hessen hinaus bis zur nächstgelegenen Straße, weil nur so die grenzüberschreitenden Ruhigen Gebiete vollständig zu erfassen sind:
  - Vergrößerung des Rechengebietes von 21.116 auf 23.415 km² (+11 %)
- Für HEplus existieren Modelle mit den 3 wichtigsten Lärmarten der END:
  - Straßen, Schienen und Flugverkehr – STR, SCH und FLG
- Für WI und HEplus gilt:
  - Es gibt *keine* amtlichen Straßennetze, die reale DTV-Werte enthalten *und gleichzeitig* hinreichend lagegenau sind
  - ⇨ Jeweils 2 unabhängige Straßennetze sind optimal zu kombinieren:

        - Straßennetz mit realen DTV-Werten
        + ATKIS-Netz mit lagegenauer Geometrie
- Reale DTV-Werte müssen entweder mit Hilfe einer Standard-GIS-Prozedur („Spatial Join“) automatisch oder manuell auf die Geometrien übertragen werden, weil gemeinsame Primärschlüssel (IDs) fehlen

⇨ **Empfehlung:** Geobasisdaten und Fachdaten sind grundsätzlich über gemeinsame **Primärschlüssel** zu organisieren – und das **verwaltungsübergreifend**. Damit ließen sich viele Aufgaben in kürzerer Zeit und höherer Qualität erledigen

- Die realen DTV-Werte der Verkehrsnetze lassen sich mit der Standard-GIS-Prozedur (s.o.) *einfach* und *zuverlässig* den ATKIS-Geometrien zuweisen, *wenn* man diese Prozedur nicht auf das Gesamtnetz, sondern nur auf das klassifizierte Netz anwendet, also vorher die Gemeindestraßen separiert:
    - WI: 49 % korrekte Zuweisungen beim Gesamtnetz
    - HEplus: **96 % korrekte** Zuweisungen beim klassifizierten Netz
- 100%-Kontrollen kennzeichnen WI und HEplus: Alle automatisch zugewiesenen realen DTV-Werte sind zu 100 % manuell kontrolliert und ggf. korrigiert
- Selbst große Modelle (hier: HEplus, STR) lassen sich mit vertretbarem Aufwand ***halb*-manuell** bearbeiten:
    - 12.627 km STR sind mit realen DTV-Werten versorgt
        - 3.973 km SCH sind mit realen Zugzahlen versorgt, s.u.
    - Aufwand = Arbeitszeit = ca. 40 h, für die 100%-Kontrollen
- **Manuelles Arbeiten** *kann* effektiver und effizienter sein als langwieriges „Austüfteln“ von *komplexen* GIS-Prozeduren.[11] Allerdings hängen die Ergebnisse vom Kartierer ab und sind weniger gut reproduzierbar. Daher ist auf eindeutige Arbeitsanweisungen und eine aussagekräftige Dokumentation zu achten. Ob eine manuelle Ausführung fehleranfälliger als eine automatisierte ist, wäre noch zu prüfen
- HEplus berücksichtigt *alle* Straßen und *alle* Schienen als Lärmquellen:
    - Straßen: 57.897 km
    - Schienen: 3.973 km
- Straßen und Schienen, denen keine realen Verkehrsmengen zugewiesen werden konnten, besitzen **Pauschalwerte**:
    - Straßen: Q90-Perzentilwerte, widmungsspezifisch
      500 Kfz/24h für alle Gemeindestraßen
    - Schienen: 10 Güterzüge/a für alle Strecken ohne Realwerte
- **Reale** Verkehrsmengen besitzen in *Hessen*:
    - WI (nur STR): 23,6 % aller Straßen
    - HEplus-STR: 26,8 % aller Straßen
      70-90 % der Autobahnen, Bundes- u. Landesstraßen
      27 % der Kreisstraßen
      0 % der Gemeindestraßen
    - HEplus-SCH: 81 % aller Schienenwege

⇨ **Empfehlung:** Über Verkehrssimulationen, -zählungen oder andere Methoden sind vor allem mehr Kreis- und Gemeindestraßen mit realen DTV-Werten zu versor-

[11] Insbesondere wenn a) die Prozeduren nur alle 5 Jahre (END) und dann nur 1-mal für die neuen Verkehrsmengen (neue SVZ) zur Anwendung kommen und b) sich die Geometrie des Straßennetzes bis zur nächsten Zuweisung ändert und dadurch die „alte“ GIS-Prozedur u.U. „veraltet“ ist und erst nach Anpassungen wiederverwendet werden kann.

gen. Hinsichtlich des Aufwandes ist zu beachten, dass ein Faktor 2 im DTV-Wert nur ±3 dB Pegelunterschied ergibt, s. Abb. 45, S. 243. Von daher sollten Verfahren eingesetzt werden, die mit *wenig* Aufwand für *viele* Straßen *reale* oder zumindest *realistischere* DTV-Werte liefern

- Zugzahlen lassen sich selbst für größere Modelle (hier: HEplus mit 3.973 km SCH) mit vertretbarem Aufwand ***voll*-manuell** ermitteln und ***voll*-manuell** den ATKIS-Geometrien zuweisen
- Zugzahlen sind in kostenfrei zugänglichen öffentlichen Datenquellen zu finden:
  - für Personenzüge: in den aktuellen Fahrplänen
  - für Personen- und Güterzüge: in den 5-jährlichen DESTATIS-Statistiken[12]
- Die Verteilung der Zugzahlen auf die Zeitbereiche D, E und N lässt sich für Personenzüge aus Fahrplänen abschätzen, für Güterzüge nur pauschal postulieren:
  - Personenzüge: 70 % : 20 % : 10 % aus Fahrplänen
  - Güterzüge: 37,5 % : 12,5 % : 50 % aus pauschalen Annahmen
- Für alle anderen Eingangsdaten (Parameter) existieren entweder keine realen Werte oder deren Beschaffung würde einen zu hohen Aufwand (Kosten, Zeit etc.) verursachen

⇨ **Empfehlungen**:
  - *Allgemein* gesehen, sind Realwerte immer besser als Pauschalwerte und Pauschalwerte immer besser als gar keine Werte
  - *Akustisch* gesehen, ist es jedoch weder effektiv noch effizient, immer Realwerte zu erheben oder zu beschaffen. Stattdessen sollte sich ihre Verwendung nach der Bedeutung des Parameters für die Gesamtqualität einer Lärmkarte richten und Realwerte zuerst für die Parameter mit dem größten Einfluss ermittelt werden, s.a. Pareto-Prinzip, Abb. 10, S. 126
  - *Ohne* Mengenschwelle *alle* Lärmquellen zu kartieren und dabei möglichst plausible Pauschalwerte für die restlichen Quellen ohne Realwerte zu verwenden, ist bei **strategischen Lärmkartierungen** besser als nur die *wenigen* Lärmquellen zu kartieren, für die Realwerte vorliegen (s.a. Abb. 25, S. 184)
  - <u>Grund</u>: S*trategische* Lärmkarten werden dadurch *global* gesehen insgesamt (in ganz MoG) *hochwertiger*, weil die pauschalwertbedingten Fehler nur *lokale* Qualitätsverluste bewirken, die aus *strategischer* Sicht zu verkraften sind (s. Abb. 13, S. 131 und als Beispiele: S. 194: Tab. 40, Nr. 29 und S. 249)
  - <u>Faustformeln</u>: Vergleich der Fehler in den Emissionspegeln durch Real-/Pauschalwerte ⇔ Mengenschwellen (≙ *teilweise* keine Werte):
    - DTV-Wert um Faktor 2 zu hoch oder zu niedrig: 3 dB
    - Keine realen Straßenoberflächen: 6 dB
    - ⇔ DTV-Schwelle von 500 Kfz/24h: 50 dB
      ≙ alle Gemeindestraßen als Quellen vernachlässigt
    - ⇨ **DTV-Schwellen sind wichtiger als Realwerte**, da 50 dB ≫ 6 dB

Somit lautet das **Fazit**:

- *Wenn* es um die Erstellung von Akustik-Modellen für ***strategische*** Lärmkartierungen geht, ist die **Prioritäten**-Reihenfolge **der Abb. 25** zu beachten

⇨ ***Erst* Mengenschwellen beseitigen, *dann* Realwerte erheben oder beschaffen**

[12] Die aktuellen Betriebsdaten des Schienenverkehrs (DESTATIS, 2012b) enthalten nur noch die 3 Karten mit dem gesamtdeutschen Schienennetz, nicht mehr die 3 × 7 Karten pro Ländergruppe (s.S. 173). Dadurch sinkt ihr Nutzen erheblich.

Realwerte für alle Lärmquellen – oder gar alle Parameter – zu erheben und zu verwenden, scheint zwar am allerbesten zu sein, widerspricht aber häufig dem Pareto-Prinzip. Hier ist sorgfältig zu prüfen, ob der Aufwand den Nutzen rechtfertigt (Jäschke, 2011a, 2011c).

Abb. 25: Prioritäten für Akustik-Modelle: Erst Schwellen beseitigen, dann Realwerte verwenden.
Legende: Schriftfarbe: rot-grün = schlecht-gut ⇨ Je weiter rechts, desto besser das Akustik-Modell.
Zu den Begriffen: a) Schwelle: s.S. 74: Tab. 7, Nr. 4-7. b) Realwert ⇔ Pauschalwert: s.S. 140: Tab. 23.

5. Wiesbaden: Parameterstudien STR

5.1 Warum Parameterstudien – warum Wiesbaden?

Wie schon in Kap. 4.2 (S. 137) beschrieben, hängen die mit einer Akustik-Software berechneten Schallpegel und damit auch die Lärm- und Ruhekarten von ca. 50 Parametern ab. Bei den meisten kann der Kartierer (Software-Nutzer) frei entscheiden, welche Parameter*werte* er verwendet – und bleibt dennoch konform zu VBUS & Co, weil die keine Werte vorgeben. Ausschließlich ideale Werte zu verwenden (s. Tab. 23, S. 140), würde unakzeptabel hohe Rechenzeiten verursachen und scheidet daher aus. Um trotzdem hochwertige Lärm- und Ruhekarten generieren zu können, gilt es, einen optimalen Satz an Parameterwerten zu finden, der die Rechenzeit auf ein erträgliches Maß reduziert und gleichzeitig nur zu geringen Genauigkeitsverlusten führt. Dazu muss bekannt sein, wie sich jeder einzelne Parameter auf Genauigkeit und Rechenzeit auswirkt. Systematische und vollständige Analysen zum Einfluss der einzelnen Parameter und Parameterwerte existieren jedoch weder in allgemeiner Form noch im Hinblick auf die hessischen Besonderheiten (z.B. keine Gebäudehöhen verfügbar). Solche Analysen werden erstmals in der vorliegenden Arbeit für alle ca. 50 Parameter durchgeführt. Angesichts des Aufwandes beschränken sie sich auf **Straßenlärm** und die **Stadt Wiesbaden** als Rechengebiet.
Für Wiesbaden (WI) sprechen sowohl organisatorische als auch fachliche Gründe: Als Wohnort lassen sich die vorhandenen Ortskenntnisse nutzen. Außerdem ist WI aufgrund seiner akustischen Topologie und Größe – ca. **1 %** der Landesfläche – **repräsentativ** für Hessen. Von daher sind die in WI ermittelten akustischen Ergebnisse (Pegelfehler etc.) sowie die Rechenzeiten (multipliziert mit dem Faktor 100) auf Hessen übertragbar.

5.2 Vorgehen

Ein **Parameter P_k** ist eine beliebige Größe oder Operation (Arbeitsweise) mit mindestens 2 verschiedenen **Parameterwerten x_k**, die ein Akustik-Modell und damit auch die Lärm- und Ruhekarten beeinflussen kann. Unterschieden werden 4 Arten von Parametern:

1. Software-Einstellungen
2. Eingangsdaten
3. Geometrische und attributive Vereinfachungen
4. Sonstige Parameter

Die Parameterstudien laufen wie folgt ab (s. Abb. 26, S. 189):

1. Wähle für jeden Parameter P_k, k = 1, …, M, aus allen möglichen Parameterwerten $x_{k\,j}$ einen Wert $x_{k\,Ref}$ als Referenzwert und berechne mit dem zugehörigen Referenzmodell die Referenz-Lärmkarte K_{Ref} – dafür benötigte Rechenzeit: T_{Ref}
2. Wähle Parameterwerte $x_{k\,j}$, j ≠ Ref und j = 1, ..., N, und berechne mit den zugehörigen Parametermodellen die Parameter-Lärmkarten $K_{k\,j}$ – dafür benötigte Rechenzeiten: $T_{k\,j}$
3. Vergleiche und bewerte: die Pegeldifferenzkarten $dK_{Ref\,-\,k\,j} = K_{Ref} - K_{k\,j}$, die Rechenzeitdifferenzen $dT_{Ref\,-\,k\,j} = T_{Ref} - T_{k\,j}$ sowie die absoluten Rechenzeiten T_{Ref} und $T_{k\,j}$

Ziel der Parameterstudien ist es, einen Satz **optimaler** Parameterwerte für HEplus zu finden und die ausgewählten Werte quantitativ zu begründen. **Optimal** ist im Hinblick auf ***groß*flächige *strategische* Lärmkartierungen** zu verstehen. Bei diesen bestimmt die Rechenzeit die Grenzen des Möglichen, während *lokale* Effekte und damit einhergehende Fehler eine viel geringere Bedeutung haben als bei ***klein*flächigen Lärmkartierungen,** wo es umgekehrt gerade auf eine hohe Genauigkeit ankommt.

Die Resultate der Parameterstudien sind **verallgemeinerbar** und lassen sich für alle großflächigen Lärmkartierungen (> 10.000 km²) – auch für die der END 2012 ff. – nutzen. Welche Parameterwerte in einem konkreten Projekt zu wählen sind, hängt allerdings auch von den projektspezifischen Randbedingungen (Ziel, Technik, Organisation usw.) ab.

5.3 Ergebnisse

Auf Grundlage des Modells WI werden **ca. 300 Parameterstudien** durchgeführt:

- Ergebnisse im Detail – Tab. 40, S. 194
- Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse – Tab. 41, s.a. S. 208

Tab. 41: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Parameterstudien zu WI.

*Legende: vorletzte Zeile: **Optimalwert** für HEplus (Fettdruck) und Idealwert (Normaldruck)*
*letzte Zeile: **verkürzt** = Rechenzeitverkürzung durch Optimalwert i. Vgl. zum Idealwert*
% = Prozent der Pegel, die bei Optimal- u. Idealwert bis auf 1 dB gleich sind

Beachte: Nr. in dieser Tabelle = Nr. in Tab. 40, S. 194.

Nr.	Parameter	Ergebnisse
1	Maximaler Fehler maxF	• Es gilt stets: L_{DEN}(maxF > 0 dB) ≤ L_{DEN}(maxF = 0 dB) • maxF wirkt sich i. Allg. nur in der Nähe starker Schallquellen und dort v.a. in unbebauten Bereichen aus • Die tatsächlichen Fehler sind im Mittel bedeutend kleiner als maxF: o |dL-Mittelwert| ≪ maxF • Der Prozentsatz an RAS-Pegel, die sich beim Parameterwert maxF > 0 dB um weniger als 1 dB vom Idealwert maxF = 0 dB unterscheiden, beträgt: o bei maxF = 2 dB: 97,8 % o bei maxF = 5 dB: 78,8 % ⇨ Optimalwert für HEplus: **maxF = 2 dB**; Idealwert: maxF = 0 dB ⇨ Rechenzeit: um Faktor **7,5 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: bei **97,8 %** aller RAS-Pegel
2	Maximaler Suchradius r_S	• Ruhige Gebiete stellen höchste Ansprüche ⇨ r_S ist besonders groß zu wählen • Mit 4.000 m sind auch unter ungünstigen Bedingungen hochwertige pRG35 zu finden ⇨ Optimalwert für HEplus: **r_S = 4.000 m**; Idealwert: r_S = 6.000 m ⇨ Rechenzeit: um Faktor **3,1 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: **99,2 %**
3	Raster unter Häusern extrapolieren	• Für optisch schöne Karten zu empfehlen, verfälscht aber u.U. Statistiken (s.u.): o ABER: extrapolierte Pegel ~ benachbarte „echte" Pegel, d.h. keine „Ausreißer" • Einfluss auf Statistiken ist i. Allg. gering, da die Anteile extrapolierter Pegel klein sind: o in WI: 5,8 % o in HEplus: 1,6 % ⇨ Optimal- u. Idealwert für HEplus: **JA**; Statistiken ggf. OHNE extrapolierte Pegel

		⇨ Rechenzeit: nahezu unbeeinflusst, weil Prozentsätze klein
7	Projektion	• Projektion von Linienquellen und Gelände: (JA, JA) fast wie (NEIN, NEIN) • Projektion mit höheren Suchradien: kaum Pegeländerungen, aber hohe Zeitverluste • Optimalwerte für HEplus: **JA, JA, 100 m, 50 m, 50 m**; Idealwerte: JA, JA, rs, rs, rs • Rechenzeit mind. um Faktor 6,4-**15,4 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: **99,9 %**
10	Maximale Reflexions-ordnung n	• Nur dort von Bedeutung, wo sich Gebäude befinden (= bebaute Bereiche): • Besonders starker Einfluss in allseitig umschlossenen Innenhöfen: o L steigt bei n = 0 ➡ 1 ➡ 2 ➡ 4 zuerst um 3-4 dB, dann 2-mal um je 2-3 dB o L kann bei n = 10 um bis zu 17 dB höher ausfallen als bei n = 1 • Für Ruhige Gebiete in *un*bebauten Bereichen genügt n = 0 • n > 1 ist derzeit für großflächige Kartierungen (≫ 100 km²) i. Allg. nicht möglich • Schallmessungen integrieren automatisch über alle Reflexionen (n = ∞) ⇨ Optimalwert für HEplus: **n = 1**; Idealwert: n > 1, nur in bebauten Bereichen sinnvoll ⇨ Rechenzeit: um Faktor **15,6 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: **95,2 %** i. Vgl. zu n = 2
15	Rasterweite Rw	• Wird ausführlich in Kap. 6.4 (S. 235) diskutiert, hier die Ergebnisse vorab: ⇨ Optimalwert für HEplus: **10 m**; Idealwert: 2 m, nur in bebauten Bereichen sinnvoll ⇨ Rechenzeit ∝ 1/(Rasterweite)², mit ∝ = Zeichen für Proportionalität
17	Multithrea-ding	• Je mehr Prozessoren und je mehr echte Kerne, desto kleiner die Rechenzeiten o ABER: nicht alle Berechnungen parallelisierbar u. „Organisationsverluste“ ⇨ HEplus: **8 Kerne**, da leistungsfähigere PCs nicht verfügbar waren ⇨ Rechenzeit: um Faktor **8 verkürzt** – Fehler: **keine**, d.h. dL < 1 dB: **100 %**
18	DGM	• Je genauer das DGM, desto stärker „explodieren“ die Rechenzeiten, aber die Pegel bleiben nahezu unverändert ⇨ Optimalwert für HEplus: **25-m-BKG-DGM, ausgedünnt: 2 m** (s.S. 143: Tab. 24, A2 und Tab. 25, S. 145); Idealwert: 5-m-DGM oder genauer ⇨ Rechenzeit: um Faktor **112,4 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: **93,9 %**
27	Gebäude außerhalb Hessens	• In HEplus nicht verwendbar, weil Beschaffung zu aufwändig o. zu teuer • Auswirkungen nur dort, wo z.B. ganze Dörfer in unmittelbarer Grenznähe liegen ⇨ Rechenzeit = unverändert, Faktor **1,0** – Fehler dL < 1 dB: **ca. 100 %**
29	Gebäude-höhe h	• Für die mittlere Gebäudehöhe gilt: o Wiesbaden: $\mathbf{h_{Mittel} = 8{,}38\ m \pm 5{,}42\ m \sim 8\ m \overset{def}{=} h_{pauschal}}$ in HEplus o i. Vgl. dazu: a) Innenstadt: 13,73 m ± 6,90 m und b) Vororte: 6,64 m ± 3,05 m ⇨ $h_{pauschal}$ macht die Innenstadt lauter u. die Vororte ruhiger als in Realität (h_{real}) • Innen*höfe* der Innenstadt: in Realität (h_{real}) mehr Abschirmung ⇨ 6-8 dB ruhiger o FAS-Pegel (VBEB) z.T. noch ruhiger (10-15 dB), da näher am Gebäude liegend • Straßenbereiche der Innenstadt: Direktschall dominiert ⇨ Pegel unabhängig von h • ***Keine realen*** Gebäudehöhen sind **erforderlich** (weil der Direktschall dominiert): o für **Lärmaktionsplanungen**, die sich auf L_{DEN}(RAS, FAS) **> 65 dB(A)** beschränken ≙ **1. Hausfronten** ⇨ dort gilt: **VBUS ~ RLS-90**, bis auf *maximal* dL = **2 dB** o für Bereiche mit *Einzel*hausbebauung *generell*, d.h. für alle Pegel L_{DEN} ≦ 65 dB(A) • Vororte: in Realität (h_{real}) weniger Abschirmung ⇨ max. 8 dB lauter ⇨ Optimalwert für HEplus: **8 m**; Idealwert: reale Haushöhen h_{real} ⇨ Rechenzeit: unverändert, Faktor **1,0** – Fehler dL < 1 dB: ca. **90,9 %**
32	DTV	• Wird ausführlich in Kap. 6.6 (S. 251) diskutiert, hier die Ergebnisse vorab: ⇨ Optimalwerte für HEplus: **$DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h**, *alle realen* DTV-Werte aus SVZ 2005, Rest: widmungsspezifische Pauschalwerte Q90/G500; entspricht Modell **DTV0** o Idealwerte: ebenfalls $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h, aber *alle* DTV-Werte sind *real* • **2 ff. Stufe der END** mit $DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h und *ohne* Pauschalwerte bewirkt: o Rechenzeit bzgl. DTV0 um Faktor **6,4 ver*kürzt*** – Fehler dL < 1 dB: **nur 12,7 %** ⇨ 1:1- und optimale Kartierungen unterscheiden sich stark: *hohe Fehler* **dL ≥ 1 dB**: **87,3 %** ⇨ Kartiere ohne DTV-Schwelle und erstelle bestmögliche (optimale) NICHT-1:1-Karten

Daraus resultiert ein Satz optimaler Parameterwerte mit 2 vorteilhaften Eigenschaften:

- **Stark verkürzte Rechenzeiten**:
  - o pro Parameter: **~1/10**
  - o insgesamt in HEplus: **~1/40.000**

- **Nahezu unverändert hohe Qualität der Karten**:
  - pro Parameter: **~95 %** mit dL < 1dB
  - insgesamt in HEplus: **~80 %**[13] mit dL < 1dB

Ideale und optimale Lärmkartierungen unterscheiden sich grob wie folgt:

- **Ideale Lärmkartierungen**:
  - Strategie: nur exakte Pegel akzeptieren, keine Fehler zulassen
  - Eingangsdaten bleiben unverändert
  - Idealwerte werden verwendet
  - ⇨ Qualitätsverluste treten *nicht* auf
  - ABER: Rechenzeiten so hoch, dass größere Gebiete *nicht* kartierbar sind
  - ⇨ Nur *sehr kleine* Gebiete (≪ 100 km²) kartierbar – Qualität: überall *sehr hoch*
- **Optimale (= bestmögliche = vollständige) Lärmkartierungen** (s. Abb. 4, S. 77):
  - Strategie: Pareto-Prinzip beachten, tolerierbare Fehler zulassen
  - Eingangsdaten werden z.T. geometrisch und attributiv vereinfacht
  - Optimalwerte werden verwendet
  - ⇨ *Geringe* Qualitätsverluste treten auf
  - ABER: *stark verkürzte* Rechenzeiten
  - ⇨ *Sehr große* Gebiete (> 10.000 km²) kartierbar – Qualität: im Mittel *hoch*
    - ABER: *Lokal* kann die Qualität so stark sinken, dass die Lärmkartierung dort *un*brauchbar ist
    - JEDOCH: Die kritischen „Lokalitäten" sind i. Allg. aus Parameterstudien bekannt (s.o.) und die Fehler nachträglich leicht zu beheben

Erst die Parameterstudien machen es möglich, 100-mal größere Modelle wie HEplus in vertretbarer Rechenzeit und derzeit bestmöglicher Qualität zu berechnen und optimale Lärmkarten zu erstellen. Damit hat sich die hier praktizierte Vorgehensweise bewährt.[14]

5.4 Anmerkungen zu Modell HE

Siehe S. 210 der Langfassung.

6. Hessen plus: Parameterstudien STR

6.1 Nomenklatur und Farben der Karten

Für die späteren Karten gelten Nomenklatur und Standard-Farben der Tab. 42 u. Tab. 43.

Tab. 42: Nomenklatur: END-Karte, Lärmkarte, Ruhekarte sowie Lärm- und Ruhekarte.

Nr.	Nomenklatur	Einfluss von Schwellen	Anwendungsbereich		Bemerkung
			Lärmbekämpfung	Schutz Ruhiger Gebiete	
1	**END-Karte**	sehr hoch	Teilweise	Nein	s. Abb. 3, S. 73
2	***Lärm*karte**	hoch	Ja	Nein	s. Tab. 40, S. 194
3	***Ruhe*karte**	hoch	Nein	Ja	s. Kap. 8, S. 327: Modell D
4	**Lärm- *und* Ruhekarte**	niedrig	Ja	Ja	**Ziel** dieser Arbeit, erreicht durch HEplus, STR, SCH, FLG u. GES

[13] Prozentwerte = Anteil RAS-Pegel mit dL = L(ideal) - L(optimal) ≤ 1 dB. Annahme bei HEplus: Fehler sind unabhängig.

[14] Akustik-Modelle können aber aufgrund ihrer L_{Aeq}-Pegel z.B. nur 20-40 % der Wirkung „Lärmbelästigung" erklären (s.S. 79). Deshalb lautet die **Empfehlung**: Anstatt alle Ressourcen für die Erstellung idealer Akustik-Modelle einzusetzen, sollte ein Teil davon für die „fehlenden 60-80 %" aufgewandt werden.

Tab. 43: Standard-Pegelklassen und Standard-Farben mit RGB-Werten.

Nr.	Pegelklasse	Pegel-Bewertung	Farbe	GIS-Legende	R	G	B
1	75 dB(A) < L_{DEN}	extrem schlecht		> 75	181	25	28
2	65 dB(A) < L_{DEN} ≤ 75 dB(A)	sehr schlecht		65,1-75	255	0	0
3	55 dB(A) < L_{DEN} ≤ 65 dB(A)	schlecht		55,1-65	253	174	97
4	45 dB(A) < L_{DEN} ≤ 55 dB(A)	mittel		45,1-55	255	255	191
5	35 dB(A) < L_{DEN} ≤ 45 dB(A)	gut		35,1-45	166	217	106
6	-80 dB(A) < L_{DEN} ≤ 35 dB(A)	sehr gut		≤ 35	26	150	65
7	NoData $\stackrel{def}{=}$ L_{DEN} ≤ -80 dB(A)	keine Informationen		NoData	178	178	178

6.2 Standardmodell für Straßen – STR

Das **Standardmodell** lässt sich wie folgt charakterisieren:

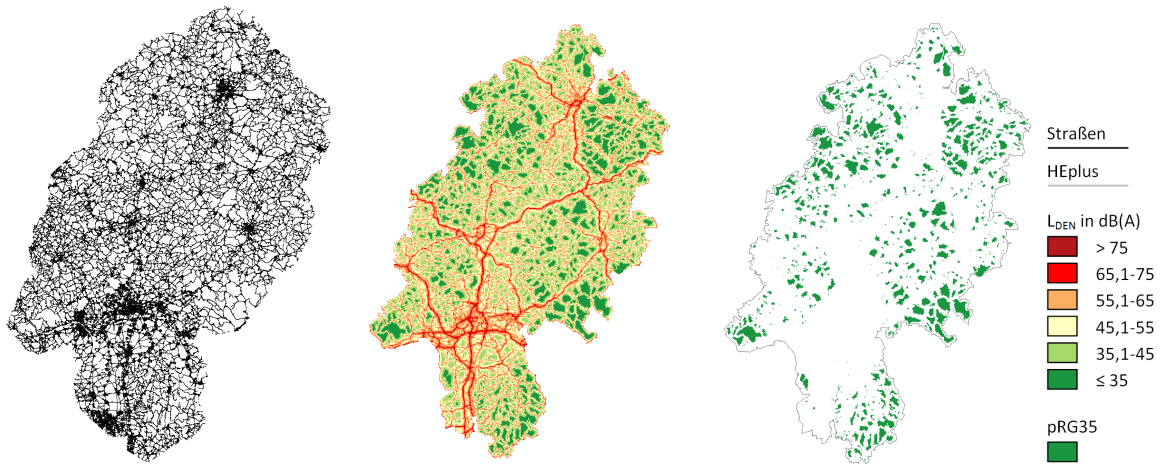
- Sämtliche Parameter besitzen *Optimal*werte
- Es ist das derzeit *bestmögliche* Modell für HEplus – und damit auch für Hessen
- Standardmodell = ***alle* Straßen** sind Lärmquellen = **DTV0**, s. Kap. 6.6, S. 251

Tab. 46 vergleicht HEplus mit dem (bisher) weltweit größten Akustik-Modell **SonBase**, das für die Lärmkartierung der gesamten Schweiz verwendet wird (BAFU, 2009a, 2009b).

Tab. 46: Vergleich wesentlicher Parameter: HEplus und SonBase (Lärmkartierung der Schweiz).
Legende: Farben = bedeutsame Unterschiede: grün-gelb-rot = HEplus ist besser-unklar-schlechter.

Nr.	Parameter		HEplus ~ Hessen	SonBase = Schweiz
	Organisation			
1	GIS und Datenmanagement		ArcGIS: fGDB	ArcGIS: ArcSDE (Oracle)
2	Akustik-Software		CadnaA	CadnaA
3	GIS-Akustik-Integration		Nein	Ja
4	Anzahl der Bearbeiter		1 Person	k.A.
5	Fläche des Modellgebietes		28.592 km²	41.000 km²
6	Anzahl vollständig berechneter Modelle		ca. 100	k.A.
	Schallquellen			
7	Lärmarten		STR: 57.897 km SCH: 3.973 km FLG: 1	STR: 76.504 km SCH: 3.000 km FLG: 70
8	Berücks. werden: *alle* STR, *alle* SCH, *alle* FLG		Ja, Ja, Nein	Ja, Ja, Ja
9	Gesamt-lärm	= Mehrfachbelastung	Ja	Ja
10		= wirkungsgerechte Pegeladdition	Ja	Nein
11	DTV-Werte	Schwellenwerte	Nein: $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h	Nein: $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h
12		Grundlage: reale Daten	Verkehrszählung 2005	Verkehrsmodell 2004
13		Rest: Pauschalwerte	Q90, G500	default-Werte (k.A.)
	Genauigkeit der Eingangsdaten			
14	2D-Genauigkeit bei ALK, DGM, STR etc.		±5 m	±8 m
15	Brücken berücksichtigt		Nein	Nein
	Gebäude und Einwohner			
16	pauschale Gebäudehöhen		Ja: 8 m	Ja: 9 m
17	pauschale Einwohner pro Gebäude		Ja: gemeindegenau	Nein: hausgenau
	Software-Einstellungen			
18	Rasterinterpolation		Nein	Ja: 17x17
19	Projektion von Linienquellen/Gelände		Ja/Ja	Nein/Nein
20	Max. Fehler maxF		2 dB	1 dB
21	Rasterweite Rw		10 m	10 m
22	Max. Reflexionsordnung n		1	0
23	Max. Suchradius rs		4.000 m	1.000 m

HEplus enthält *alle* Straßen und liefert daher eine vollständige Bestandsaufnahme der Lärm- und Ruhesituation (Abb. 34), d.h. eine Lärm- *und* Ruhekarte i.S.v. Tab. 42 (s.o.; S. 211). Dieser lassen sich *alle* pRG35 entnehmen, die es in Hessen plus Außenbereich gibt.



a) Straßen *b) LDEN* *c) pRG35* *d) Legende*

Abb. 34: Straßennetz, LDEN und pRG35 für HEplus.

Für den Straßenlärm (STR) in HEplus folgt aus den Rohdaten der Abb. 34b und c:

- Wertebereich von LDEN(STR) **-15 dB(A) bis +103 dB(A)**
  - Kein einziger NoData-Pegel existiert im Standardmodell (DTV0)
  - Kein Punkt in *Hessen* ist weiter als 3.600 m von einer Straße entfernt
- Gesamtfläche der pRG35 in Hessen + Außenbereich **= 2.964 km²**
  ≙ 12,7 % von HEplus
- Gesamtfläche der pRG35 in Hessen **= 2.526 km²**
  ≙ 12,0 % von Hessen

Die anschließenden Analysen unterscheiden zwischen Siedlungs- und Freiraum.

6.3 Einfluss der Gebäude und des Geländes

Einfluss von Gebäuden (ALK) und Gelände (DGM) im Frei- und Siedlungsraum

Wie verschieden ALK und DGM sind, verdeutlichen die dLDEN-Mittelwerte[15] für HEplus:

- dLDEN(Standard - ohne ALK) = **-0,51 ± 1,11 dB**
- dLDEN(Standard - ohne DGM) = **-1,74 ± 3,33 dB**
- dLDEN(Standard - ohne ALK & ohne DGM) = **-2,25 ± 3,45 dB**

⇨ **„DGM wichtiger als ALK“** gilt für HEplus (~ Hessen) als Ganzes[16]
  - Gilt insb. im *Frei*raum, weil dieser 91 % von Hessen ausmacht

- **„ALK wichtiger als DGM“** gilt umgekehrt im *Siedlungs*raum (9 %), s. Tab. 48

[15] dLDEN = dLDEN(Standard - Parametermodell) = LDEN(Standardmodell) - LDEN(Parametermodell)

[16] Die Mittelwerte bestätigen die Addition der Einzeleffekte, symbolisch: „ohne ohne“ = „ohne ALK“ + „ohne DGM“.

Tab. 48: Lassen sich hochwertige pRGx mit den Modellen „ohne ALK“ und „ohne DGM“ kartieren?

Bereich	Akustik-Modell	
	ohne ALK = nur mit DGM	**ohne DGM** = nur mit ALK
	Lassen sich hochwertige pRGx mit den Modellen kartieren (= finden)?	
Siedlungsraum ~ Ortslage	**Nein** Der entstehende „Lärmteppich“ zerstört bis auf wenige Ausnahmen *alle* Feinstrukturen. Keine pRG35 mehr vorhanden, pRG45 selten.	**Ja-Nein, je nach DGM** pRGx bleiben z.T. unverändert, z.T. werden sie kleiner o. ganz zerstört.
Freiraum ~ *Nicht*-Ortslage	**Ja** Größere pRGx (A ≳ 1 km²) werden nur *etwas* verändert, Feinstruktur bleibt erhalten. Kleine pRGx sind *z.T.* noch gut zu identifizieren.	**Ja-Nein, je nach DGM** Größere pRGx (A ≳ 1 km²) werden *viel* kleiner u. besitzen *keine* Feinstruktur mehr. Kleine pRGx (A ≲ 1 km²) werden zerstört.

Lärmkorridore

Lärmkorridore vereinfachen selbst einfache Akustik-Modelle wie „ohne ALK & ohne DGM“ noch weiter, indem sie keine individuell berechneten Pegelraster liefern, sondern Ja-Nein-Aussagen (s. Kap. 2.1.2, S. 81)[17]:

- für *kleine* Entfernungen $r < r_x$ ⇨ **verlärmtes Gebiet** [= Korridor] mit $L > L_x$
- für *große* Entfernungen $r \geq r_x$ ⇨ **ruhiges Gebiet** [= *Nicht*-Korridor] mit $L \leq L_x$

Für Q90, G500 und pRG35 (L_x = 35 dB(A)) lauten die einseitigen Korridorbreiten r_x:

Widmung	Autobahn	Bundesstraße	Landesstraße	Kreisstraße	Gemeindestraße
Q90	107.667 Kfz/24h	21.233 Kfz/24h	7.447 Kfz/24h	3.974 Kfz/24h	500 Kfz/24h
r_x	**3.890 m**	**2.430 m**	**1.670 m**	**1.360 m**	**260 m**

Modellvergleiche

Die Modellvergleiche untersuchen, wie gut die pRG**35** der 6 Parametermodelle

- ohne ALK, ohne DGM und „ohne ALK & ohne DGM“ – 3 Akustik-Modelle
- Q25-, Q50- und Q90-Korridore – 3 Lärmkorridore

in Anzahl, Fläche und räumlicher Lage mit den pRG**35**

- des Standardmodells (DTV0) – 1 Akustik-Modell

übereinstimmen. Andere Qualitäten als x = 35 werden aufwandsbedingt nicht betrachtet.

Die summativen und lagegenauen Ergebnisse der Analysen finden sich in Tab. 50 bis Tab. 52 (S. 230-233) und das Resümee in Tab. 53 (s. nächste Seite und S. 234).

Danach hängen die **Empfehlungen** von den pRG35-Größen ab, die es zu kartieren gilt:

- große pRG35 aufwärts, A > 10 km²: selbst einfachste Modelle sind geeignet
- kleine pRG35 aufwärts, A > 1 ha: „ohne ALK“ ist „sehr gut“ geeignet
- pRG35-Kleinstflächen, A ≤ 1 ha: nur DTV0 (= Standard) ist zu empfehlen

⇨ Eine **Vollerhebung** aller pRG35 gelingt **nur mit bestmöglichen Modellen** (DTV0)

Bei den großen pRG35 sieht es genau umgekehrt aus: Einfachste Modelle und geringster Aufwand genügen, um nahezu 100 % der pRG35 zu erfassen (s.a. Kap. 8, S. 327). Folglich lassen sich gerade jene Ruhigen Gebiete, die womöglich besonders schutzwürdig und schutzbedürftig sind, auch besonders leicht identifizieren und ggf. schützen – eine **Chance, die stärker** als bisher **genutzt werden sollte** (s. Kap. 1 und 2).

---

[17] Darin bedeuten:

- L_x = x dB(A) = Immissionspegel, der die Qualität x der gesuchten pRGx vorgibt
- L = L(r) = tatsächlicher Immissionspegel in der Entfernung r
- r = Entfernung von der bei r = 0 m befindlichen Schallquelle (hier: Straße = STR)
- r_x = $r_{Korridor}$ = *einseitige* Korridorbreite, r_x = Funktion von x (bzw. L_x) und L_{mE}(STR)
- (Lärm)Korridor = Fläche, die sich zu beiden Seiten der Straße (r = 0 m) bis zur Entfernung r_x erstreckt und für die gilt: Gesamtbreite = 2 × r_x

Tab. 53: Resümee der Modellvergleiche: Bedeutung von ALK und DGM für die pRG35.
Legende: „-“ = Fehlanzeige, d.h. trifft auf kein Modell zu. Beachte: Die Aussagen sind als Faustformeln zu verstehen. Sie gelten vor allem für HEplus als Ganzes, d.h. für großflächige strategische Lärmkartierungen (s.o.) – mit Ausnahmen ist insbesondere im Siedlungsraum zu rechnen.

Nr.	Merkmal		Fläche des zu kartierenden pRG35			
			A > 10 km²	1 km² < A ≤ 10 km²	1 ha < A ≤ 1 km²	A ≤ 1 ha
Vergleich mit Standardmodell – Bezug: HEplus						
1	Wie viele Modelle sind wie gut?		2 zu 100 % identisch 4 „sehr gut“ - -	1 zu 100 % identisch 2 „sehr gut“ 3 „(noch) gut“ -	- 1 „sehr gut“ 1 „(noch) gut“ 4 „schlecht“	- - 1 „(noch) gut“ 5 „schlecht“
Kartierung der pRG35 – Bezug: HEplus						
2a	Welche Modelle eignen sich?		alle 6 Parametermodelle	ohne ALK Q25-Korridore Q50-Korridore	ohne ALK	-
2b	Kartierungserfolg = „richtig“ kartierte pRG35		96-100 %	92-100 %	93-98 %	-
2c	Fehlkartierungen = „fälschlich“ kartierte pRG35		0 %	0-19 %	0 %	-
Einfluss von ALK und DGM – Bezug: HEplus. Ausnahmen im Siedlungsraum (Ortslagen)						
3	Einfluss von …	… ALK?	Nein	Nein	Nein	Ja
		… DGM?	Nein	Ja	Ja	Ja

6.4 Einfluss der Rasterweite Rw

Die Rasterweite Rw beeinflusst folgende Größen:

- Rechenzeit T, die sich **ver4facht**, wenn Rw halbiert wird: $T \propto 1/Rw^2$
- die *sicher* identifizierbare pRGx-Größe (= Fläche = A): $A \geq 4 \times Rw^2$

Vom Freiraum unterscheidet sich der **Siedlungsraum** *im Mittel* ganz erheblich[18]:

- **ca. 20-mal kleinere** Straßen-, Gebäude- und Pegelstrukturen existieren[19]:
  - $2 \times d \sim a_{Siedlungsraum} \sim 50\,m \ll 1.000\,m \sim a_{Freiraum} \sim 2 \times d$
- ⇨ **ca. 400-mal kleinere** pRGx-Flächen existieren bzw. sind zu identifizieren:
  - $a^2_{Siedlungsraum} = A_{Siedlungsraum} = 2.500\,m^2 = \mathbf{0{,}25\,ha}$
    $\ll a^2_{Freiraum} = A_{Freiraum} = 1\,km^2 = \mathbf{100\,ha}$
  - pRGx können grundsätzlich nur dort liegen, wo sich keine Gebäude oder Straßen befinden, d.h. sie sind in den „Lücken dazwischen“ zu suchen
- ⇨ **ca. 20-mal kleinere** Rasterweiten (Rw = a/2) sind zu wählen:
  - $Rw_{Siedlungsraum} \sim 25\,m \ll 500\,m \sim Rw_{Freiraum}$
- **ca. 12 dB höhere** Lärmbelastungen existieren (im Siedlungsraum)

Die Ergebnisse der Parameterstudien (Rw = 2 m bis 1.000 m) lauten:

- im Siedlungsraum:
  - **Rw = 10 m = optimal**er Parameterwert:
    - **bester Kompromiss** aus Rechenzeit und Genauigkeit (Qualität)
    - sicher identifizierbare pRGx-Größe: 400 m²

[18] Es bedeuten: d = mittlere Distanz zu einem Gebäude oder einer Straße im Siedlungs- bzw. Freiraum
a = Kantenlänge der (quadratischen) Struktur, die es sicher zu identifizieren gilt
A = a² = Fläche der Struktur

[19] Exakt gilt:
a) im Siedlungsraum: d(Gebäude) = 25 m und d(Straßen) = 29 m, hier vereinfacht zu 25 m als Faustformel
b) im Freiraum: d(Gebäude) = 517 m und d(Straßen) = 476 m, hier vereinfacht zu 500 m als Faustformel

- o **Rw = 2 m = ideal**er Parameterwert:
  - ▪ um wertvolle **pRGx-Kleinstflächen** zu finden oder für **Detail-/Objektplanungen**, die hochauflösende Karten benötigen
  - ▪ sicher identifizierbare pRGx-Größe: 16 m²
- im Freiraum:
  - o Rw beeinflusst die Verteilung der Pegel auf die 5-dB-Klassen kaum
  - o **Rw = 1.000 m findet** alle größeren (A ≳ 2 km²) pRGx **sicher und schnell**
  - o Rw beeinflusst größere (A ≳ 2 km²) pRGx nur geringfügig

Von Sonderfällen abgesehen, lautet daher die **Gesamt-Empfehlung**:

- Siedlungs- und Freiraum sind mit einer *einheitlichen* Rasterweite Rw zu kartieren
- ⇨ **optimal**er Einheitswert: **Rw = 10 m**

6.5 Einfluss der pauschalen DTV-Werte $DTV_{pauschal}$

Die allgemeine Bedeutung von $DTV_{pauschal}$ geht aus folgenden Zahlen hervor:

- **Unsicherheit/Fehler im** DTV-Wert um einen Faktor 2 entspricht **dL = ±3 dB**
- ⇨ Lärm- und Ruhekarten reagieren relativ *un*empfindlich auf
  - o Unsicherheiten in der Wahl des „richtigen" Pauschalwertes $DTV_{pauschal}$
  - o fehlerhafte Pauschal- o. Realwerte $DTV_{pauschal}$, DTV_{real} ≠ wahrer DTV-Wert

Faustformeln:

- **pauschale** DTV-Werte sind *besser* als **keine** DTV-Werte
- **reale** DTV-Werte sind *besser* als **pauschale** DTV-Werte

Wie häufig die Pegeldifferenzen dL_{DEN}(Q90, Qxx) auftreten und wie sich dadurch die L_{DEN}-Mittelwerte in HEplus ändern, verdeutlicht Tab. 57 (s.a. S. 248).

Tab. 57: Einfluss von $DTV_{pauschal}$ auf Häufigkeit der Pegeldifferenzen dL_{DEN} und L_{DEN}-Mittelwerte.
*Legende: dL_{DEN} = L_{DEN}(**Q90**, G500) - L_{DEN}(**Qxx**, G500), mit Qxx = Q25, Q50 u. Q75, G500 = konstant*
*bzw. dL_{DEN} = L_{DEN}(Q90, **G500**) - L_{DEN}(Q90, **G200**), mit Gyyy = G500 u. G200, Q90 = konstant*
*<L_{DEN}> = L_{DEN}-Mittelwert. Im Standardmodell gilt: <L_{DEN}(Q90, G500)> = **47,7 dB(A)***
„-" = unbesetzte Pegelklasse, d.h. exakt 0 % ≙ 0 RAS-Pegel

Modell	Häufigkeit der Pegeldifferenzen dL_{DEN} i. Vgl. zu Q90 bzw. G500										Mittelwert
	0-1 dB	1-2 dB	2-3 dB	3-4 dB	4-5 dB	5-6 dB	6-7 dB	7-8 dB	8-9 dB	> 9 dB	<L_{DEN}>
Q25	**62,0 %**	10,0 %	5,1 %	3,6 %	3,2 %	3,3 %	3,5 %	6,3 %	3,1 %	-	45,9 dB(A)
Q50	**65,4 %**	9,7 %	5,6 %	5,1 %	7,8 %	6,6 %	-	-	-	-	46,4 dB(A)
Q75	**76,0 %**	20,0 %	4,0 %	-	-	-	-	-	-	-	47,1 dB(A)
G200	**93,2 %**	2,9 %	1,8 %	2,1 %	-	-	-	-	-	-	47,4 dB(A)

Zum Einfluss von $DTV_{pauschal}$ bleibt festzuhalten:

- Die Maximalwerte der *immissions*bezogenen dL_{DEN}-Verteilungen stimmen gut mit den *emissions*bezogenen dL_{mE}-Änderungen in Abb. 46 (S. 246) überein
- Ob man Q90 oder Q75 bzw. G500 oder G200 verwendet, ist nahezu irrelevant
- Trotz verschiedener Qxx- u. Gyyy-Werte **ändern sich viele Pegel nicht**:
  - o Bis auf dL = dL_{DEN} **≤ 1 dB** bleiben *un*beeinflusst: **62-93 %**

Der Einfluss von $DTV_{pauschal}$ lässt sich mit dem anderer Parameter vergleichen, indem man *umgekehrt* jeweils die Prozentsätze der Pegel ermittelt, die sich um dL > 1 dB ändern:

- Einfluss von $DTV_{pauschal}$: **7-38 %**
  - o *stärker* als der Einfluss eines **einzelnen** optimalen Parameterwertes: **~5 %**
  - o *ähnlich* wie der Einfluss **aller** optimalen Parameterwerte zusammen: **~20 %**

- *viel schwächer* als der Einfluss von **$DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h**: **~81 %**
- Änderung des L_{DEN}-Mittelwertes: bei $DTV_{pauschal}$ **max. 2 dB ≪ 10 dB** bei $DTV_{Schwelle}$

⇨ Pauschalwerte sind Schwellenwerten eindeutig vorzuziehen, s.a. Abb. 25, S. 184

$DTV_{pauschal}$ kann reale DTV-Werte dennoch nicht ersetzen:

- Gemeindestraßen können sehr stark befahren sein und DTV_{real} ≫ Gyyy besitzen:
  - Beispiel: Im lokalen Straßennetz BSV-00 (s. Tab. 27, S. 147) gilt für die Wiesbadener Gemeindestraßen – hier mit $dL_{mE} = L_{mE}(DTV_{real}) - L_{mE}(G500)$:
    - 15,8 % mit DTV_{real} ≥ 1.250 Kfz/24h ⇨ dL_{mE} ≥ + 4 dB
    - 3,9 % mit DTV_{real} ≥ 10.000 Kfz/24h ⇨ dL_{mE} ≥ +13 dB
    - **Maximal:** DTV_{real} **~ 30.000 Kfz/24h** ⇨ dL_{mE} ~ **+18 dB**
  - ⇨ In Wiesbaden *können* die *realen Emissions*pegel bis zu 18 dB höher ausfallen
  - ABER: Große *immissions*seitige Pegeldifferenzen dL_{DEN} > 5 dB treten selten und nur im Straßenbereich um den Abschnitt mit DTV_{real} ≫ G500 auf

Abhilfe können auch hier wieder nur mehr reale DTV-Werte schaffen (s.S. 165).

Extrahiert man die pRG35(Qxx) einmal aus der Lärm- und Ruhekarte mit Q90 und ein zweites Mal aus der mit Q25 (G500 bleibt unverändert), dann wirkt sich das wie folgt aus:

- für HEplus:
  - Gesamtfläche der pRG35(Q90) = 2.964 km²
  - Gesamtfläche der pRG35(Q25) = 3.952 km²
  - ⇨ Erhöhung gegenüber Q90 + 988 km² ≙ **+33 %**
  - ABER: **95 %** der Erhöhung entfällt auf pRG35, die schon bei Q90 existieren
  - ⇨ Nur die restlichen 5 % Flächenzuwachs sind „neue" pRG35:
    - Gesamtfläche aller neuen pRG35: nur ca. **50 km²**
    - UND: nur **11 neue pRG35** besitzen Flächen **A > 1 km²**
    - Die größten neuen Flächen betragen 2,7 km², 1,8 km² und 1,6 km²

Der Einfluss von Qxx auf die pRG35 ist insgesamt als eher **gering** einzustufen.

6.6 Einfluss der DTV-Schwelle $DTV_{Schwelle}$

Pauschal- und Schwellenwerte sind strikt voneinander zu trennen:

- $DTV_{Schwelle}$ bestimmt, **ob** eine Straßenquelle **aktiv** ist:
  - aktiv: DTV_{real} *oder* $DTV_{pauschal}$ ≥ $DTV_{Schwelle}$
  - inaktiv: DTV_{real} *oder* $DTV_{pauschal}$ < $DTV_{Schwelle}$
- $DTV_{pauschal}$ bestimmt, **wie stark** eine Straßenquelle ist

Beide Werte können **unabhängig voneinander** gewählt werden.

Die **Diskrepanzen** zwischen den DTV-Schwellen in neuen und alten Rechtsnormen:

- §§ 47a-f-neu BImSchG ≙ END mit $DTV_{Schwelle}$ = **8.000** Kfz/24h und
- § 47a-alt BImSchG mit $DTV_{Schwelle}$ = **500** Kfz/24h

sind **enorm**, **und** die Situation ist als **anachronistisch** zu bezeichnen:

- $DTV_{Schwelle}$(neu, 2012 ff.) = 8.000 Kfz/24h ≫ 500 Kfz/24h = $DTV_{Schwelle}$(alt, 1990)

⇨ 1:1-Lärmkarten bedeuten 2012 ff. einen **Rückschritt um ca. 20 Jahre**

Wie am Beispiel Hessen gezeigt (S. 95), fällt das Gesamturteil noch negativer aus:

- **Die END kann** die Lärmminderungsplanung in **Deutschland** großflächig um etwa **40 Jahre zurückwerfen,** *wenn* es in der 2. Stufe 2012 bei einer 1:1-Umsetzung bleibt – und das trotz aller technischen Fortschritte

Die vorliegende Arbeit zeigt, wie dieser Missstand *technisch* zu beseitigen ist (s.S. 368).

Im Hinblick auf $DTV_{Schwelle}$ wird die Nomenklatur der Tab. 59 eingeführt.

Tab. 59: Nomenklatur der Modelle DTVx.

Nr.	Nomenklatur	Bedeutung
1	**DTVx**	• HEplus mit $DTV_{Schwelle}$ = x Kfz/24h = *alle* Straßen mit DTV_{real} *oder* $DTV_{pauschal}$ ≥ $DTV_{Schwelle}$ = x Kfz/24h sind als Lärmquellen *aktiv* und werden berechnet = Straßen mit DTV < x Kfz/24h sind *nicht aktiv* und werden nicht berechnet
2	**DTVxEND**	• *nur* Straßen mit DTV_{real} ≥ $DTV_{Schwelle}$ = x Kfz/24h sind als Lärmquellen *aktiv* = DTVx, jedoch *ohne* Straßen mit $DTV_{pauschal}$
	Spezialfälle	
1a	**DTV0**	• HEplus mit $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h = Standardmodell = Standard = *alle* Straßen sind *aktiv*, entweder mit DTV_{real} oder $DTV_{pauschal}$ ≥ 0 Kfz/24h
2a	**SVZ 2005**	• HEplus mit allen DTV_{real} aus SVZ 2005, jedoch *ohne* Straßen mit $DTV_{pauschal}$
2b	**DTV16000END**	= DTV16000, jedoch *ohne* Straßen mit $DTV_{pauschal}$ ≙ Lärmkartierung Hessen 2007 *außerhalb* der 2 Ballungsräume (WI und F)
2c	**DTV8000END**	= DTV8000, jedoch *ohne* Straßen mit $DTV_{pauschal}$ ≙ Lärmkartierung Hessen 2012 *außerhalb* der 5 Ballungsräume (WI, F, KS, OF und DA)

Der Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf die Rasterpegel (RAS) lässt sich aus einem Vergleich von DTV0 mit den Parametermodellen DTVx – mit x = 501, 1000, 2000, 3000, 4000, 8000, 8000END, 16000 und 16000END – auf 3 verschiedene Arten ermitteln:

- optisch = Lärmkarten
- summativ = Besetzungszahlen in 13 Pegelklassen
- lagegenau = Pegeldifferenzen dL(IP) = L_{DEN}(IP, DTV0) - L_{DEN}(IP, DTVx)

Das geschieht erneut getrennt für den Siedlungs- und Freiraum.

Die Ergebnisse lauten:

- Die Veränderungen und damit der Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ sind *am größten* bei den Übergängen DTV8000 ➡ DTV4000 (nur im Freiraum), DTV4000 ➡ DTV3000 (Frei- und Siedlungsraum) sowie DTV501 ➡ DTV0 (nur im Siedlungsraum)
- Im *Siedlungs*raum lassen sich die dort **wertvollen pRGx (x ≤ 55)** *und* Feinstrukturen **nur *ohne* DTV-Schwellen** zuverlässig kartieren

⇨ Im Siedlungsraum ist $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h (≙ DTV0) zu wählen

- Im *Frei*raum lässt sich **kein *einziges* pRGx finden**, wenn dort mit hohen DTV-Schwellen wie 16.000 oder 8.000 Kfz/24h kartiert wird (s. Abb. 50a/b, S. 256)
  - ABER: **Für *großflächige* pRG35** ist **$DTV_{Schwelle}$ ≤ 1.000 Kfz/24h** *akzeptabel*

⇨ Mit der **END-Methode** lässt sich ***dauerhaft kein* einziges Ruhiges Gebiet finden** – weder im Freiraum noch im Siedlungsraum

Tab. 64 enthält die Anteile *nicht* berechneter und *un*brauchbarer Pegel in END-Karten.

Tab. 64: Keine und unbrauchbare Informationen in END-Karten – Außenraum (RAS).
Datengrundlage: a) DTVx: HEplus, Rw = 25 m. b) Lärmkartierung Hessen 20xx: Hessen, Rw = 10 m.

				Keine und *un*brauchbare Informationen in END-Karten RAS – Außenraum		
Nr.	**END-Stufe**	**Jahr**	**Akustik-Modell**	**keine = nicht berechnet** ≙ NoData in Tab. 61	***un*brauchbar**, s.a. Tab. 62	
					dL > 10 dB	**dL > 5 dB**
1a	1	2007	Lärmkartierung Hessen 2007	79,9 %	83,3 %	87,7 %
1b			DTV16000	42,0 %	72,1 %	79,9 %
1c			DTV16000END	60,9 %	76,6 %	82,6 %
2a	2 ff.	2012 ff.	Lärmkartierung Hessen 2012	90,4 %	90,7 %	92,0 %
2b			DTV8000	30,5 %	61,2 %	69,4 %
2c			DTV8000END	36,2 %	64,1 %	72,5 %
			DTV0	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Das Fazit der *landesweiten* Bestandsaufnahmen im Außenraum (RAS-Pegel) lautet:

- Die amtlichen Lärmkartierungen Hessen 2007/2012 besitzen deutlich mehr NoData und mehr unbrauchbare Pegel als die HEplus-Modelle, weil sie sich zusätzlich auf Korridore als Rechengebiete (2007 u. 2012) und auf L_{DEN} > 55 dB(A) (2012) beschränken
  - DTVx und DTVxEND sind brauchbarer als die amtlichen Kartierungen
- Für die beiden amtlichen Lärmkartierungen Hessen 2007/2012 gilt:
  - gesamter Pegelbereich: 2007 brauchbarer als 2012
  - END-Bereich L_{DEN} > 55 bzw. 65dB(A): 2012 brauchbarer als 2007, *umgekehrt*
    - Relevant für die Lärmaktionsplanung 2012: L_{DEN} > 65 dB(A)
- **1:1-Kartierungen** liefern hauptsächlich ***keine* und *un*brauchbare Informationen**:
  - 1. Stufe, 2007: ca. 40-90 % *ohne* Informationen
    ca. 70-90 % *un*brauchbar
  - 2 ff. Stufe, 2012 ff.: **ca. 30-90 %** ***ohne* Informationen**
    ca. 60-90 % ***un*brauchbar**
  - ⇨ Verbesserung zu 2007: **ca. 10** *Prozentpunkte* *brauchbarer*

⇨ **2012 ff.** sehen die Lärmkarten **kaum besser** aus als 2007, **d.h. wenig Fortschritt**

⇨ **1:1-Umsetzungen** und END-Karten sind **dauerhaft** (2012 ff.) ***un*brauchbar**
  - **pRG35**, pRG45 o.Ä. zu **100 %** ***un*brauchbar**, s.S. 255

⇨ Die aus einer 1:1-Umsetzung resultierenden END-Karten sind für ein modernes Lärmmanagement sowie Fach- und Gesamtplanungen (Landschafts-, Raum-, Landes-, Bauleitplanungen usw., s.a. Kap. 9, S. 343) weitgehend ***un*brauchbar**

Tab. 65 vergleicht die realen Lärmbelastungen (DTV0) mit denen von 1:1-Kartierungen.

Tab. 65: Vergleich der realen Lärmbelastungen (DTV0) mit denen von 1:1-Kartierungen.

Nr.	**END-Stufe**	**Jahr**	**Akustik-Modell**	**RAS – Außenraum**		**Belastete (VBEB)**	
				> 55 dB(A)	**> 65 dB(A)**	**> 55 dB(A)**	**> 65 dB(A)**
1a	1	2007	Lärmkartierung Hessen 2007	8,0 %	2,4 %	10,5 %	2,2 %
1c			DTV16000END	8,8 %	2,8 %	9,5 %	2,2 %
1d			DTV16000END + DTV3000(2B)	9,2 %	2,9 %	12,9 %	2,3 %
2a	2 ff.	2012 ff.	Lärmkartierung Hessen 2012	9,6 %	3,0 %	17,6 %	4,9 %
2c			DTV8000END	11,5 %	3,5 %	12,9 %	2,3 %
2d			DTV8000END + DTV3000(5B)	12,1 %	3,7 %	17,8 %	4,0 %
	real		**DTV0**	**25,7 %**	**6,8 %**	**54,4 %**	**8,4 %**

Das Fazit aus Tab. 65 (s.a. S. 268) lautet:

- 1:1-Kartierungen ***unter*schätzen** den Lärm **dauerhaft** um das **2-4-fache**:
  - die Belasteten (FAS) stärker als den Außenraum (RAS): 2-4-fache ⇔ 2-fache
  - die Belastungen bei L_{DEN} > 55 dB(A) etwas stärker als bei L_{DEN} > 65 dB(A)

⇨ **Lärm** wird von Politik, Verwaltung und Gesellschaft unterschätzt und i. Vgl. zu anderen Risiken **fehlgewichtet**

Für künftige **END-Kartierungen 2012 ff.** und generell wird empfohlen:

- ***Keine* 1:1-Umsetzungen mehr**, weil sich mit ihnen keines der END-Ziele (s.S. 66):
  - Schutz Ruhiger Gebiete
  - Lärmbekämpfung
  - korrekte Information der Öffentlichkeit über die Lärm- und Ruhesituation

  zufriedenstellend verwirklichen lässt
- ***Stattdessen*** sind **alle Straßen** als Schallquellen zu **berücksichtigen** und es ist ohne DTV-Schwellen zu kartieren ($DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h)

7. Ruhige Gebiete in Hessen

7.1 Lärm- und Ruhekarten für STR, SCH und FLG

Aus Abb. 54 geht hervor, wie die Lärm- und Ruhekarten für STR, SCH u. FLG entstehen.

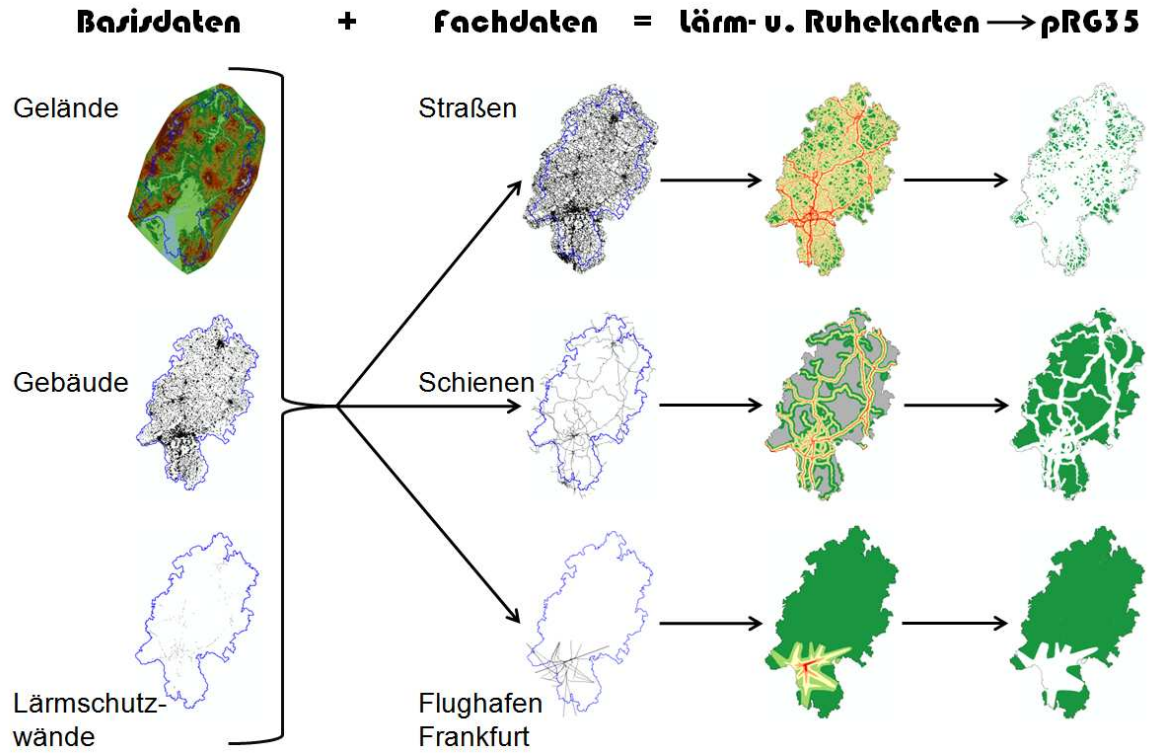


Abb. 54: HEplus: Kartierung der pRG35 für STR, SCH und FLG – Übersicht.

Alle Karten decken HEplus vollständig ab und beruhen auf einheitlichen Parameterwerten wie z.B. 10 m Rasterweite, 1 Reflexion und 4.000 m Suchradius. Deshalb gilt:

- einheitliche Qualität *innerhalb einer* Lärm- und Ruhekarte
- einheitliche Qualität *zwischen allen 3* Lärm- und Ruhekarten

⇨ Vorteil: einheitliche Modelle **beugen Fehlanalysen und Fehlinterpretationen vor**

- HEplus: **233.935.236** RAS-Pegel pro Karte ~ Anzahl berechneter Pegel, s.S. 276
- Hessen: **210.943.908** RAS-Pegel pro Karte ~ Anzahl berechneter Pegel, s.S. 276

Lärm- u. Ruhebilanz für Hessen – Außenraum, Einwohner u. Mittelwerte
Tab. 69 zeigt die Lärm- und Ruhebilanz für das Bundesland Hessen.

Tab. 69: Lärm- und Ruhebilanz für Hessen – Außenraum, Einwohner und LDEN-Mittelwerte.
Legende: 1) Außenraum: % = Anteil des Außenraumes mit LDEN ≷ ... an der Landesfläche (= 21.116 km²)
2) Einwohner: % = Anteil der Einwohner mit LDEN ≷ ... an den Gesamteinwohnern Hessens (= 6,1 Mio.)
3) LDEN-Mittelwert = Gesamtsumme/Gesamtanzahl, jeweils sämtlicher RAS- bzw. FAS-Pegel in Hessen
Datengrundlage: HEplus: a) Außenraum, Mittelwerte (RAS): 10-m-Raster, LDEN OHNE extrapolierte Pegel
b) Einwohner, Mittelwerte (FAS u. VBEB): s. Fußnote 510, S. 281
- *Ausgewertet: nur Pegel in Hessen ⇨ geringe Abweichungen i. Vgl. zu Tab. 67 (= Pegel in HEplus).*
- *Angaben zu 2) und zu den FAS-Mittelwerten in 3) aus Jäschke (2011c), s.a. Abb. 1, S. 8.*

Maßnahme im Lärmaktionsplan bzgl. UBA-SRU-Ziele, s. Tab. 88, S. 351	LDEN	Außenraum (RAS)				Einwohner (FAS u. VBEB)			
		STR	SCH	FLG	GES	STR	SCH	FLG	GES
Gesundheitsschäden vermeiden	> 65 dB(A)	6,8 %	2,2 %	0,3 %	**8,3 %**	8,4 %	2,0 %	0,0 %	**10,7 %**
Lärm bekämpfen	> 55 dB(A)	25,7 %	8,5 %	1,5 %	**29,2 %**	54,4 %	13,5 %	3,9 %	**62,5 %**
Hochwertige Ruhige Gebiete schützen	≤ 35 dB(A)	12,2 %	63,2 %	84,7 %	**9,5 %**	0,4 %	37,1 %	56,7 %	**0,3 %**
LDEN-Mittelwert in Hessen: RAS/FAS	in dB(A)	47,7	38,1	-12,4	**49,1**	55,3	40,0	3,4	**56,3**

Für das Bundesland Hessen lauten die Kernaussagen bzgl. der UBA-SRU-Ziele (Tab. 69):
- Von den 6,1 Mio. Einwohnern Hessens sind
  - **10,7 %** ≙ 650.000 Menschen **gesundheitsschädlichem Lärm** ausgesetzt
  - **62,5 %** ≙ 3.800.000 Menschen Lärm ausgesetzt, der vermieden werden sollte
- Die hochwertigen Ruhigen Gebiete der Qualität **pRG35(GES)** verteilen sich auf
  - **9,5 %** der Landesfläche (= des Außenraumes)
  - **0,3 %** der Einwohner – jene, die in Wohnungen mit ruhiger Fassade leben

Die Zahlen
- *belegen,* dass **akuter Handlungsbedarf** besteht
- *ermöglichen,* **SMARTe Ziele** zu formulieren – und zu evaluieren

Weitere Resultate – für den Außenraum (RAS):
- **STR belastet** eine ca. **3-mal so große Fläche wie SCH und FLG *zusammen***
- GES wird *generell* durch STR vorgeprägt, ABER: lokale/regionale Ausnahmen, s.u.
- ⇨ Rangfolge der Lärmbelastungen: **STR vor SCH vor FLG**

Lärmbelastungen in den 430 hessischen Gemeinden
Damit **faire Rankings** (= Ranglisten = Prioritätenlisten) entstehen, müssen *alle* Gemeinden (allgemein: alle Gebiete) zuvor in einheitlicher Qualität, d.h. mit einheitlichen Parameter-*werten*, kartiert worden sein. HEplus erfüllt diese Voraussetzung.

Der **Anhang** (S. 370) enthält die **vollständige Prioritätenliste für Hessen:**
- für **alle** 430 Gemeinden
- für **alle** Lärmarten: STR, SCH, wSCH, FLG, wFLG und GES
- für den **Außenraum** (RAS) und die **Fassaden** aller Wohngebäude (FAS)

Es handelt sich um die erste derartige Datenbasis für Hessen – und wohl auch generell.

Die wichtigsten Ergebnisse der Rankings lauten – für den Außenraum (RAS):
- Häufigkeitsverteilung der 430 LDEN-Mittelwerte: – siehe Abb. 59, S. 284

- räumliche Verteilung der 430 L_{DEN}-Mittelwerte – siehe Abb. 60, S. 286
- STR-/GES-Hotspots stimmen gut überein ⇨ GES wird durch STR vorgeprägt, s.o.
- Das **Rhein-Main-Gebiet** nimmt eine Sonderstellung ein (s. Abb. 60, S. 286):
  - 3-fache Lärmbelastung durch STR, SCH und FLG *gleichzeitig*
  - *Größter* zusammenhängender Hotspot mit den *höchsten* Belastungen
  - ⇨ Bietet sich als **gemeinde*übergreifender* Ballungsraum** i.S. der END an

Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf die STR-Rangliste

Für STR lassen sich gemeindebezogene L_{DEN}-Mittelwerte und Ranglisten sowohl mit DTV0 als auch DTV8000END (= 2. Stufe) berechnen und vergleichen (s.a. Kap. 6.6, S. 251):

- DTV8000END unterschätzt die Mittelwerte *im Mittel* um **14,9 dB**
- Die Prioritäten der Gemeinden unterscheiden sich *im Mittel* um 49 Ränge
- i. Vgl. dazu ***geringere* Unterschiede** bei **hochbelasteten** Gemeinden **≙ Rang 1-40**[20]:
  - in den Mittelwerten um 3,4 dB, Wertebereich: 1,5 bis 7,3 dB
  - in den Prioritäten um 4,8 Ränge, Wertebereich: -29 bis +10 Ränge
- **Rang 1-3** belegen in DTV8000END ***dieselben* Gemeinden** wie in DTV0:
  - Abweichung der Mittelwerte: 2,4 dB, Wertebereich: 2,3 bis 2,5 dB

Der Umstand, dass DTV8000END die stärksten STR-Quellen beinhaltet, wirkt sich offenbar günstig auf die ~10 % der am höchsten belasteten Gemeinden aus.

Daraus lässt sich eine **2-stufige Kartierungsstrategie** ableiten:

- Landesweite 1:1-Kartierung mit den DTV-Schwellen der END, um die Gemeinden mit den höchsten Lärmbelastungen *grob* zu ermitteln
- Kartierung dieser Gemeinden (oder eines Teils davon) mit „allen Straßen" (DTV0), um wenigstens für diese Gemeinden bestmögliche Lärmkarten zu erhalten

Die Strategie wird allerdings ***nicht* empfohlen**, weil zu viele Unsicherheiten verbleiben, ein modernes Lärmmanagement auf eine landesweite „Vollerhebung" angewiesen ist und sich die dafür benötigte Kartierung mit DTV0 nicht schwieriger realisieren lässt.

7.2 Gesamtlärm GES – Berechnungsmethoden

Aus den 3 Lärmarten Y = STR, SCH und FLG wird der Gesamtlärm GES ermittelt als

1) Rangsumme = R(GES)
   $\stackrel{def}{=}$ Summe der 3 Einzelränge = R(STR) + R(SCH) + R(FLG)
2) Gesamtlärmpegel = L_{DEN}(GES)
   $\stackrel{def}{=}$ wirkungsgerechte Addition der 3 Einzelpegel L_{DEN}(Y)

Bei 2) werden die Dosis-Wirkungs-Funktionen W = W(L_{DEN}(Y)) von **Miedema & Oudshoorn (2001)** verwendet, da die EU-Kommission (EU, 2002) sie zur Durchführung der END empfiehlt. Die Berechnungen beschränken sich auf die Wirkung

- W = starke Belästigung
  = Prozentsatz %***HA*** Menschen, die sich **stark belästigt** (Highly Annoyed) *fühlen*

Die **allgemeine Anleitung** zur Berechnung wirkungsgerechter Gesamtlärmpegel lautet:

- Wähle Y_0 = STR als Referenz, d.h. alle Pegel sollen wirkungsgerecht zu STR sein
  - Jede beliebige Lärmart kann Referenz sein, i. Allg. wird STR gewählt
- Berechne für $Y \neq Y_0$ die wirkungsgerechten Zuschläge
  - $dL_{DEN}(Y, \%HA(L_{DEN}(Y)) = L^*_{DEN}(STR, Y) - L_{DEN}(Y)$ – (7.2)
  - *so*, dass L^*_{DEN}(STR, Y) dieselbe Wirkung %HA hervorruft wie L_{DEN}(Y)

[20] Die Ränge beziehen sich auf die DTV0-Rangliste.

- d.h. *so*, dass gilt: %HA(L_{DEN}*(STR, Y)) = %HA(L_{DEN}(Y))
- Ersetze in Glch. (7.1) (S. 289) alle tatsächlichen Pegel L_{DEN}(Y) durch ihre renormierten Ersatzpegel L^*_{DEN}(STR, Y) = L_{DEN}(Y) + dL_{DEN}(Y, %HA(L_{DEN}(Y))
- Berechne L_{DEN}(GES) gemäß Glch. (7.1) (S. 289)

Vollständige und performante Berechnungen erfordern folgende Vorgehensweise:

1) %HA wird durch Interpolations-Funktionen I beschrieben, die auch außerhalb des empirischen Gültigkeitsbereiches von %HA definiert sind (Abb. 63, S. 296)
2) Berechnung der Zuschläge dL_{DEN}(Y) mit Hilfe der I-Funktionen (Abb. 64, S. 297):
   - L_{DEN} < 45 dB(A): *ohne* Zuschlag ⇨ dL = 0 dB ⇨ I wird nicht verwendet
   - L_{DEN} = 45-75 dB(A): *mit* Zuschlag ⇨ aus I ermittelt, da hier I = %HA
   - L_{DEN} > 75 dB(A) *mit* Zuschlag ⇨ *ersatzweise* aus I ermittelt, *obwohl* hier I ≠ %HA

In HEplus erhalten wirkungsgerechte Zuschläge dL_{DEN}(Y) ≠ 0 dB:

- von allen L_{DEN}(Y): bei SCH: **21,1 %** bei FLG: **6,3 %**
- L_{DEN}(Y) > 75 dB(A): bei SCH: **0,50 %** bei FLG: **0,05 %**

Weil Zuschläge nur für L_{DEN}(Y) ≥ 45 dB(A) vergeben werden, gilt:

- Die pRG**35**(GES) hängen *nicht* von den Zuschlägen ab, da stets dL_{DEN}(Y) > -8 dB
- ⇨ Einfache und wirkungsgerechte Pegeladdition ergeben *dieselben* pRG**35**(GES)

Vor allem im Hinblick auf die Ruhigen Gebiete ist zu **empfehlen**, die bestehenden Forschungsdefizite auszuräumen und

- zuverlässige Dosis-Wirkungs-Funktionen für niedrige Pegel L_{DEN} < 42 dB(A) bzw. < 45 dB(A) zu ermitteln
- neben negativen Lärm- auch **positive Ruhewirkungen** zu quantifizieren, s.S. 291

7.3 Lärm- und Ruhekarten für GES

Gemeindebezogene Mittelwerte und Prioritäten werden auch für GES ermittelt:

- Lärm- u. Ruhekarten, Mittelwerte u. Prioritäten pro Gemeinde: s. Abb. 66, S. 301

Zusammenfassend lauten die Ergebnisse:

- **99 (13) Gemeinden** mit L_{DEN}(GES)-Mittelwert **> 55 (65) dB(A)**; **Max. = 71,8 dB(A)**
- STR u. FLG beeinflussen die Ränge der **lautesten 10** Gemeinden etwa gleich stark
- In den 10 lautesten Gemeinden existiert **kein einziges pRG35(GES)**
- Insgesamt besitzen **117** Gemeinden (27 %) kein einziges pRG35(GES)
- Bei GES (wirkungsgerecht) sind sogar die **19 lautesten** Gemeinden alle im **Rhein-Main-Gebiet** zu finden und ergeben dort eine zusammenhängende Fläche („Hotspot"). Diese erweitert sich auf **32** Gemeinden, wenn man die 43 (10 %) lautesten betrachtet. Die 32 bieten sich als gemeinde*übergreifender* **Mindest-Ballungsraum** an (s.a. Jäschke, 2012)
- Die ruhigen Gemeinden („Coldspots") konzentrieren sich nicht auf eine Region, häufen sich aber in Nordhessen und an der Landesgrenze
- In zahlreichen Gemeinden „ballen" sich ähnlich große oder noch größere Lärmprobleme als in den 5 amtlichen Ballungsräumen (Frankfurt, Offenbach, Kassel, Darmstadt u. Wiesbaden), die bzgl. GES die Ränge 10, 13, 34, 45 u. 53 einnehmen

Die Einzel-Ergebnisse gestatten folgendes **Fazit** (s.a. S. 309):

- STR prägt aufgrund seiner Dominanz viele GES-Grundmuster vor, dennoch setzen **SCH und FLG lokale/regionale Schwerpunkte und Akzentverschiebungen**, die eine GES-Karte *nicht* überflüssig machen
- GES liefert realistische Belastungen und faire Hot- und Coldspots:
  - Ein großer gemeinde*übergreifender* **Ballungsraum Rhein-Main** bietet sich an
  - Kassel, Fulda, Limburg und Gießen/Wetzlar kommen ebenfalls als kleine gemeinde*übergreifende* Ballungsräume in Frage (s.S. 286)
- **Einfache und wirkungsgerechte Pegeladdition** liefern auf *Gemeinde*ebene nahezu **identische** Ergebnisse

⇨ **Besser jetzt sofort** „irgendeine" der vielen Dosis-Wirkungs-Funktionen nutzen, kleine Unsicherheiten bei der (wirkungsgerechten) Pegeladdition in Kauf nehmen und **GES berechnen**, als noch lange auf die „richtige" Funktion warten und ohne GES auskommen zu müssen. Der Informationsgewinn durch GES überwiegt die vermeintlichen Unsicherheiten oder Fehler (analog S. 309)

7.4 Gesamtlärm und pRGx

Für den Gesamtlärm lassen sich die pRGx über 2 alternative Bedingungen ermitteln:

- **pRGx(Dreifach)**: $L_{DEN}(Y) \leq x$ dB(A) für Y = STR, SCH und FLG *gleichzeitig*
- **pRGx(GES)**: $L_{DEN}(GES) \leq x$ dB(A)

Es gilt:

- Die GES-Bedingung ist anspruchsvoller als die Dreifach-Bedingung
  - ⇨ pRGx(GES) „ruhiger" als pRGx(Dreifach) und beide „ruhiger" als pRGx(Y)
  - ⇨ Für die Flächen gilt daher: pRGx(GES) ≤ pRGx(Dreifach) ≤ pRGx(Y)

Die Analysen beschränken sich auf x = 35, also die pRG35(Y).

Die Hinzunahme der Schallquellen SCH und FLG beeinflusst die pRG35(STR) wie folgt:

- Anzahl bzw. Gesamtfläche **reduzieren sich** bei GES auf **73,7** bzw. **78,0 %**
- Alle Flächenklassen sind in etwa gleich stark von den Verlusten betroffen
- GES- und Dreifach-Bedingung stimmen gut überein (s.u.)
- *Flächen*anteile sinken: a) in HEplus: 12,9 % ➡ **10,0 %**. b) in Hessen: 12,2 % ➡ **9,5 %**
- Durch SCH und FLG breitet sich das bereits bei STR vorhandene „**Ruhevakuum"** im Rhein-Main-Gebiet weiter aus (s.S. 308: Abb. 68b, Nr. 6)

Der lagegenaue Vergleich von STR, GES und Dreifach zeigt:

- GES und Dreifach stimmen untereinander viel besser überein als mit STR (s.o.)
- *Große* Diskrepanzen zwischen GES und Dreifach treten erst bei mittleren Flächen und folglich hohen Rängen auf, konkret: bei **A ≤ 6,7 km²** ≙ R ≥ 123

7.5 Vergleich der pRG35(GES) mit Schutzgebieten

Die pRG35(GES) werden mit Schutzgebiete nach BNatSchG und BWaldG, Wald, Flächen der Landschaftsrahmenpläne (LRP-Flächen) und Truppenübungsplätzen verglichen.

Die Ergebnisse der Vergleiche lauten:

- FFH, LSG, VSG, Erholungswald, „besonderer Ruheraum" u. pRG35(GES) besitzen in Hessen vergleichbare **Flächenanteile**:
  - jeweils: Anteil = **ca. 10 % ≙ ca. 2.000 km² Gesamtfläche** in Hessen
- **ca. 75 %** der *großen* pRG35 (A > 20 km²) stimmen mit BNatSchG-Schutzgebieten überein. ABER: Nicht immer mit derselben Schutzgebiets-Kategorie
- Ein Großteil der pRG35(GES) ist Wald – ABER: *nicht* Erholungswald
  - DENNOCH: pRG35(GES) und Wald sind nicht dasselbe:

    - **83 %** der pRG35 sind Wald – ABER: nur **19 %** des Waldes sind pRG35
- LRP-Flächen im Regierungsbezirk Kassel:
    - Einige größere pRG35(GES) liegen außerhalb von „Freizeit u. Erholung“
- LRP-Flächen im Regierungsbezirk Gießen:
    - Fast kein pRG35(GES) liegt außerhalb einer LRP-Fläche: nur 3,5 %
    - **Zu *jedem* „besonderen Ruheraum“ gehört eine pRG35(GES)-Fläche**:
        - Die Form beider Flächen stimmt vielfach gut überein, häufig lassen sich die pRG35 als Kernflächen der LRP-Flächen ansehen
    - Die Umkehrung gilt *nicht*: **Es gibt große pRG35(GES), die in *keinem* „besonderen Ruheraum“ liegen** und auch nicht in deren Nähe

⇨ **Die untersuchten Schutzgebiete und die Ruhigen Gebiete** – hier: pRG35(GES) – sind grundsätzlich **verschieden** und **nicht austauschbar**. Sie erfüllen verschiedene Funktionen, die räumlich nur teilweise zusammenfallen

Die **Lärmaktionspläne** des RP-GI erwähnen die „besonderen Ruheräume“ (s.o.) nicht. Mehr noch:

- *Kein* Lärmaktionsplan des Landes Hessen legt ein einziges Ruhiges Gebiet fest

⇨ ***Keine* Kartierung und *kein* Schutz Ruhiger Gebiete in Hessen**

Die bisher vorliegenden Ergebnisse rechtfertigen folgendes **Fazit**:

- Ruhige Gebiete überlappen sich mit bereits bestehenden Schutzgebieten *prinzipiell* **nicht anders als diese *untereinander***
- Ruhige Gebiete und Schutzgebiete sind **nicht dasselbe** und **nicht austauschbar**
- **BNatSchG und BWaldG schützen** zwar auch Ruhige Gebiete, allerdings:
    - **nur wenige** – maximal 44,2 % bei NP (s.S. 322: Tab. 78, Nr. 5)
    - **nur indirekt und unvollständig** – Ruhe ist nicht der Hauptschutzzweck
    - insgesamt **nicht ausreichend**

⇨ Ruhige Gebiete sind **kein Anhängsel** des BNatSchG oder BWaldG

⇨ Ruhige Gebiete sind eine **neue** und **selbständige Schutzgebiets-Kategorie**[21]
    - pRGx sind Flächen mit besonderen Ruhequalitäten

8. Ruhige Gebiete in Deutschland

Das Ziel des Kapitels besteht darin, für die Bundesrepublik Deutschland (D) alle großflächigen pRG35 im *Frei*raum zu finden – und das mit 2 Kartierungsmethoden:

- 1 Akustik-Modell – **Modell D** – Kap. 8.1
- 1 Modell mit Lärmkorridoren – **Modell D-Korridore** – Kap. 8.2

8.1 Akustik-Modell – Modell D

Das Akustik-Modell D enthält *keine* abschirmenden Objekte – d.h. weder ALK, DGM noch Lärmschutzwände –, sondern nur die Schallquellen der beiden Lärmarten STR und SCH. Auf Grundlage von DLM250-Daten werden berücksichtigt:

- STR:
    - Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen – **237.285 km**
        - keine Gemeindestraßen

[21] *Formal* sind Ruhige Gebiete bereits durch END u. BImSchG als neues Schutzgut eingeführt. Die Aussage ist *inhaltlich* zu verstehen: Wie das Kapitel gezeigt hat, handelt es sich bei Ruhigen Gebieten tatsächlich um ein neues Schutzgut.

- $L_{mE} = L_{mE}(DTV_{pauschal} = Q25)$, widmungsspezifisch mit Q25 aus HEplus
- SCH:
  - Eisen-, Güter- und S-Bahnen – **36.461 km**
  - L_{mE} = Emissionspegel, ermittelt mit den realen Zugzahlen aus HEplus, gewichtet mit der zugehörigen Streckenlänge

Gerechnet wird mit einer Rasterweite von 100 m, d.h. die pRG35 sind Vielfache von 1 ha.

8.2 Lärmkorridore – Modell D-Korridore

Die einseitigen Korridorbreiten basieren ebenfalls auf Q25 und betragen:

- bei Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen: 3.260, 1.690, 870 und 600 m
- bei SCH wegen der einheitlichen L_{mE} überall: 2.430 m

Bei den pRG35(D-Korridore) handelt es sich um die korridorfreien „Restflächen".

8.3 Lärm- sowie Ruhekarten für Deutschland

Die Lärm- sowie Ruhekarten sind in Abb. 74 (S. 332) zu finden.

Aus dem summativen Vergleich der Modelle D und D-Korridore folgt:

- Anzahl, Gesamtfläche und Flächenanteil aller pRG35(GES) in Deutschland:
  - in D: **6.783** mit insg. **50.299 km²** ≙ **14,0 %**
  - in D-Korridore: **13.046** mit insg. **62.735 km²** ≙ **17,5 %**
- D kartiert in jeder Flächenklasse eine *kleinere* Anzahl u. Fläche als D-Korridore
- D und D-Korridore stimmen für *große* (A > 10 km²) pRG35(GES) gut überein

Der lagegenaue Vergleich der Modelle D und HEplus ergibt (für Hessen):

- D und HEplus stimmen für *größere* (A > 1 km²) pRG35-Flächen gut überein
- ⇨ D kartiert die **größeren** (A > 1 km²) **pRG35 deutschlandweit** recht ***zuverlässig***

Gemäß Modell D gilt für die 16 Bundesländer:

- Große Spannweite der pRG35(GES)-Flächenanteile von 3,9 % bis 24,7 %
- Nur **Mecklenburg-Vorpommern** und **Brandenburg** kommen auf Anteile **> 20 %**
- **Bayern** besitzt insgesamt die meisten pRG35(GES), die meisten Großgebiete (12 von 28 ≙ 43 %) und die größte pRG35(GES)-Gesamtfläche
- **Jedes** Bundesland hat große pRG35(GES) mit A > 10 km², auch die Stadtstaaten
  - Stadtstaaten: Alle pRG an der Peripherie liegend und grenzüberschreitend
- **Deutschland** besteht zu **14,0 %** aus pRG35(GES):
  - 10 % *davon* sind grenzüberschreitend (bzgl. *Bundesländer*-Grenzen)
  - **Hessen** liegt mit **8,4 %** auf Rang 11

Da Modell D nur Lärmquellen aus Deutschland enthält, treten an der Staatsgrenze Randeffekte auf. Dadurch können sich die in D ermittelten pRG35-Flächen verkleinern (Bodensee) oder vergrößern (Nationalpark Bayrischer Wald/Šumava [Böhmerwald]).

Ein Vergleich der pRG35(GES)-Großgebiete (> 100 km²) mit den nach gleichem Flächenkriterium definierten UZVR verdeutlicht deren besondere Qualitäten (Tab. 82, S. 335):

- 28 pRG35 mit insgesamt ca. 4.400 km² – mittlere Fläche = 159 km²
- 531 UZVR mit insgesamt ca. 94.000 km² – mittlere Fläche = 177 km²
- 26 der 28 pRG35-Großgebiete finden sich auch als UZVR wieder

Für die 28 pRG35(GES)-Großgebiete mit A > 100 km² gilt:

- Das **größte deutsche** pRG35 stimmt gut mit dem **Nationalpark Müritz-Teil Müritz** und dem Binnensee **Müritz** überein und liegt in Mecklenburg-Vorpommern bei Waren, Röbel und Neustrelitz, **A = 305 km²**
- Das **größte** deutsche ***landgebundene*** pRG35 ist fast deckungsgleich mit den **Allgäuer Alpen** und liegt in Bayern bei Sonthofen und Oberstdorf, **A = 287 km²**
- Aktuelle Flächennutzung[22]:

Flächennutzung	Anzahl der pRG35(GES)
Nationalpark (NLP)	4
Naturpark (NP)	8
Biosphärenreservat (BSR)	2
Gebirge	6
Gewässer	4
Truppenübungsplatz	7
Sonstiges	2

73 % der pRG35(GES)-Großgebiete (obige Tab.: grün) lesen sich wie

- ein **„Who's who" der attraktivsten Tourismusregionen Deutschlands**

Die pRG35 markieren die Kernbereiche dieser Regionen und eignen sich daher in besonderem Maße zur **ruhebedürftigen Erholung**.

Innovative Akteure sollten sich deshalb zu einer **Allianz** zusammenfinden und z.B. folgende **Maßnahmen i.w.S.** (s.S. 346) umsetzen:

- Sie nutzen die pRG35 als Qualitätssiegel und Werbeträger für ihre Region
- Sie machen den Wert von Natur, Landschaft und *Ruhe* für die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden bewusst und betreiben **Werbung** dafür
- Sie betonen gleichzeitig den Eigenwert von Ruhe als Natur- und Kulturgut
- Sie erstellen bestmögliche Lärm- *und* Ruhekarten, betreiben eine bestmögliche Lärmaktionsplanung und setzen – mit gutem Beispiel vorangehend – viele wirkungsvolle Maßnahmen zur Lärmbekämpfung und zum Ruheschutz um
- Sie handeln effektiv und effizient
- Sie engagieren sich in hohem Maße für Ruhige Gebiete und Lärmbekämpfung

Diese und weitere Aktivitäten (s.a. Kap. 9) sollten sich keinesfalls auf die pRG35(GES)-Großgebiete (> 100 km²) beschränken. Ganz im Gegenteil: Menge, Größe und Verteilung der kartierten pRG35 deuten darauf hin, dass sich auch viele der kleineren pRGx bei genauerem Hinsehen tatsächlich als wahre Ruhige Gebiete entpuppen werden. So unterschiedlich wie die örtlichen Randbedingungen, so maßgeschneidert und vielfältig sollten auch die Initiativen eines **koordinierten Schutzes** sein – **von der pRGx-Kleinstfläche bis zum pRGx-Großgebiet**.

Mit koordinierten Gemeinschaftsaktionen ließen sich auch

- die **Ziele** der END **erreichen** und
- ein **Scheitern** von Lärmbekämpfung und Ruheschutz **verhindern**

[22] 5 pRG35(GES) besitzen Doppelnutzungen, so dass sich die Summe von 28 auf 33 erhöht.

9. Schutz Ruhiger Gebiete

9.1 Rechtliche Vorgaben

Ausführliche Informationen finden sich in der Langfassung unter:

Lärmschutzrechtliche Vorgaben für Ruhige Gebiete in END, BImSchG etc.	Tab. 85	S. 344

Die Bundesrepublik Deutschland hat verschiedene END-Pflichten *nicht* erfüllt:

- *Keine* Kriterien für die Definition von Ruhigen Gebieten (s.S. 344: Tab. 85, Nr. 1)
- *Keine* Kriterien für die Festlegung von Ruhigen Gebieten (Nr. 4)
- *Keine* Kriterien für den Schutz Ruhiger Gebiete durch Lärmaktionspläne (Nr. 3)

⇨ Deutschland fehlt es an Zielen für den Ruheschutz

⇨ *Keine* **1:1-Umsetzung** der END, **sondern** nur eine „**1:1 - x"**-Umsetzung

Zum Schutz Ruhiger Gebiete kommen als **Maßnahmen i.w.S.** in Betracht:

- **Alle Formen hoheitlichen Handelns** einschließlich akustische Planungen, „... verordnungsrechtliche oder wirtschaftliche Maßnahmen oder Anreize"[23]

Nichts anderes gilt auch im BImSchG (Blaschke, 2010), das lediglich hinsichtlich der Bindungswirkung unterscheidet:

- **Maßnahmen i.e.S.** – s.S. 358: Abb. 78, violette Kästen:
  - sind strikt durchzusetzen
  - Voraussetzungen: Die zuständige Behörde wurde im Rahmen der Lärmaktionsplanung beteiligt, hat den Maßnahmen zugestimmt (Einvernehmen) und kann sie mit ihren Fachrechten rechtmäßig verwirklichen
- **planerische Festlegungen** – s.S. 358: Abb. 78, orange Kästen:
  - sind „nur" zu berücksichtigen
  - d.h. mit anderen Belangen abzuwägen und damit auch „wegwägbar"

Hierzu stellt Cancik fest (2008, S. 549, Hervorhebungen durch den Autor):

- „Der mögliche Inhalt eines Lärmaktionsplanes ist ... **mit größtmöglicher Unklarheit** beschrieben."

Die Aussage gilt umso mehr für den Schutz Ruhiger Gebiete (s.S. 344: Tab. 85, Nr. 1-8).

Die momentane IST-Situation lässt sich insgesamt wie folgt zusammenfassen:

- **Ruhige Gebiete sind**
  - *nicht* definiert
  - *nicht* zu kartieren – und mit 1:1-Kartierungen generell *nicht* kartierbar
  - zwar festzulegen und zu schützen – aber nur vor *zunehmendem* Lärm
  - *nicht* der EU-Kommission zu melden
  - *nicht* zu überwachen
- Wie **Fremdkörper** erscheinen
  - die Ruhigen Gebiete in der *lärm*fokussierten END (Ruhe ⇔ Lärm)
  - die END im deutschen Lärmschutzrecht (Management ⇔ Wenn-Dann)
- Die Mitgliedstaaten sind verpflichtet, die END folgendermaßen umzusetzen:
  - auf Grundlage einer **langfristigen Strategie**
  - indem sie auch den **Gesamtlärm** bewerten und prognostizieren

Für eine ausführliche Diskussion sei auf die juristische Fachliteratur und hier vor allem auf die rechtswissenschaftliche Dissertation von Blaschke (2010) verwiesen.

[23] Zitat aus Anhang V Nr. 2 der END, siehe auch S. 344: Tab. 85, Nr. 3.

9.2 Handlungsmöglichkeiten

Ausführliche Informationen finden sich in der Langfassung unter:

Handlungsebenen und -möglichkeiten für einen besseren Schutz Ruhiger Gebiete (RG).	Tab. 86	S. 348
mit Ausführungen zu folgenden Themen		
Übersicht zur Gesamtplanung sowie den Fachplanungen „Landschaftsplanung“ und „Lärmaktionsplanung“ in Bund, Ländern und Gemeinden.	Tab. 87	S. 349
Immissionswerte zur Lärmbekämpfung und zum Schutz Ruhiger Gebiete.	Tab. 88	S. 351
Defizite des deutschen Lärmschutzrechts.	Tab. 89	S. 352
Lärmminderungsmaßnahmen zur Lärmbekämpfung und zum Schutz Ruhiger Gebiete: • L_{DEN}-Lärmkarten mit Mittelwerten • Pegeldifferenzkarten mit dL_{DEN}-Mittelwerten	 Tab. 90 Tab. 91	 S. 354 S. 355
Kooperation zwischen Lärmaktionsplanung u. anderen Planungen.	Abb. 77	S. 356
Schutz Ruhiger Gebiete: Integration von Lärmkartierung & Lärmaktionsplanung in Fach- & Gesamtplanungen, behördliches & sonstiges Handeln.	Abb. 78	S. 358
Schutz Ruhiger Gebiete: Maßnahmen durch Lärmkartierung & Lärmaktionsplanung, Fach- & Gesamtplanungen, behördliches & sonstiges Handeln.	Tab. 92	S. 359

Welche Maßnahmen überhaupt realisierbar sind, wie kurzfristig und auf welchem Schutzniveau, hängt von vielen Randbedingungen (Faktoren) ab, die sich zudem auf vielfältige Weise gegenseitig beeinflussen – beispielsweise (Reihenfolge ist keine Rangfolge):

- Organisation, Technik, Recht, …, Wissen, …, Denkmuster, Wertvorstellungen, …, Kultur – s. Abb. 78, S. 358

Verantwortlich für die Maßnahmen sind viele Akteure: die zuständigen Behörden, Politik und Gesellschaft sowie jeder einzelne Mensch als Lärmverursacher *und gleichzeitig* Nutznießer der Ruhigen Gebiete. Allgemein bietet sich folgender **Ablauf** an: 1. SMARTe Ziele setzen 2. Gesamtstrategie entwickeln (Abb. 78, gelbe Kästen) 3. Randbedingungen ändern 4. Maßnahmenpakete *ganzheitlich* umsetzen – **parallel dazu:** 5. vorbildliche Beispiele realisieren (Kap. 9.3, S. 361) und damit Anreize schaffen, dass Nr. 3 verstärkt möglich ist.

Zweipolige Zielwerte mit Fristen und zusätzlichen Anreizen

Ein modernes Lärmmanagement sollte aus 3 Elementen bestehen:

- **verbindliche 2-polige Zielwerte** (s.u. die Tabelle bzw. S. 351: Tab. 88, Nr. 11-13):
  1. zur Lärmbekämpfung *und gleichzeitig*
  2. zum Schutz Ruhiger Gebiete
- **verbindliche Fristen**:
  - Stichtag, ab dem die Zielwerte einzuhalten sind – Sanktionen, wenn nicht
- **zusätzliche Anreize**:
  - als Motivation, die Zielwerte u. Fristen zu *unter*bieten (= Ziele *über*bieten)

Auszug aus Tab. 88, S. 351:

E	**Vorschlag:** Fristen und 2-polige Zielwerte für …	L_{DEN}/ L_N … Lärmbekämpfung	L_{DEN} … Schutz Ruhiger Gebiete
11	kurzfristig = Jahr 2017 = Ende 2. Stufe	65/ 55	35
12	mittelfristig = Jahr 2032 ⇨ 15 a später	60/ 50	40
13	langfristig = Jahr 2047 ⇨ 15 a später	55/ 45	45

Defizite des deutschen Lärmschutzrechts

Tab. 89 (S. 352) nennt wesentliche Defizite des deutschen Lärmschutzrechts. Sie sollten so weit wie möglich beseitigt werden, um gesundheitsgefährdende Lärmwirkungen zu vermeiden, das Lärmniveau insgesamt zu senken und indirekt den Schutz Ruhiger Gebiete zu verbessern. Momentan verursachen die Defizite **kontinuierlich neue Sanierungsfälle**

für künftige Lärmaktionsplanungen – und davon wohl auch mehr, als diese derzeit beseitigen können. Grund genug, Lärmvorsorge, Lärmsanierung und Lärmaktionsplanung auf hohem Niveau zu harmonisieren und zu koordinieren.

Klassische Lärmminderungsmaßnahmen
Mit den heute im Bereich der Lärmbekämpfung angewandten Lärmminderungsmaßnahmen – Verkehrsvermeidung (Tunnel), Lärmschutzwände, Lkw-Durchfahrtsverbote, lärmmindernde Fahrbahnbeläge, Tempolimits usw., s. Tab. 90 und Tab. 91, S. 354 f. – lassen sich grundsätzlich auch Ruhige Gebiete im Frei- und Siedlungsraum schützen.

Lärmaktions-/Fach- u. Gesamtplanungen – Maßnahmen
Abb. 78 auf der nächsten Seite zeigt folgende Wechselwirkungen:

- den Einfluss anderer Planungen auf die Lärmaktionsplanung
- den Einfluss der Lärmaktionsplanung auf andere Planungen

Allein das bildliche Netzwerk weist auf große gegenseitige Abhängigkeiten hin und lässt vermuten, dass **eine effektive und effiziente Lärmaktionsplanung**

- nur im Bündnis mit anderen Planungen möglich sein wird
- *umgekehrt* von vielen anderen Planungen vielseitig nutzbar ist

Nähere Erläuterungen dazu finden sich auf Seite 356 ff.

9.3 Vorbildliche praktische Beispiele

Die praktischen Beispiele sollen zeigen, was andere bereits für den Schutz Ruhiger Gebiete getan haben und zum Nach- oder Bessermachen anregen. Für ausführliche Informationen sei auf die Langfassung verwiesen:

Vorbildliche praktische Beispiele	Kap. 9.3	S. 361

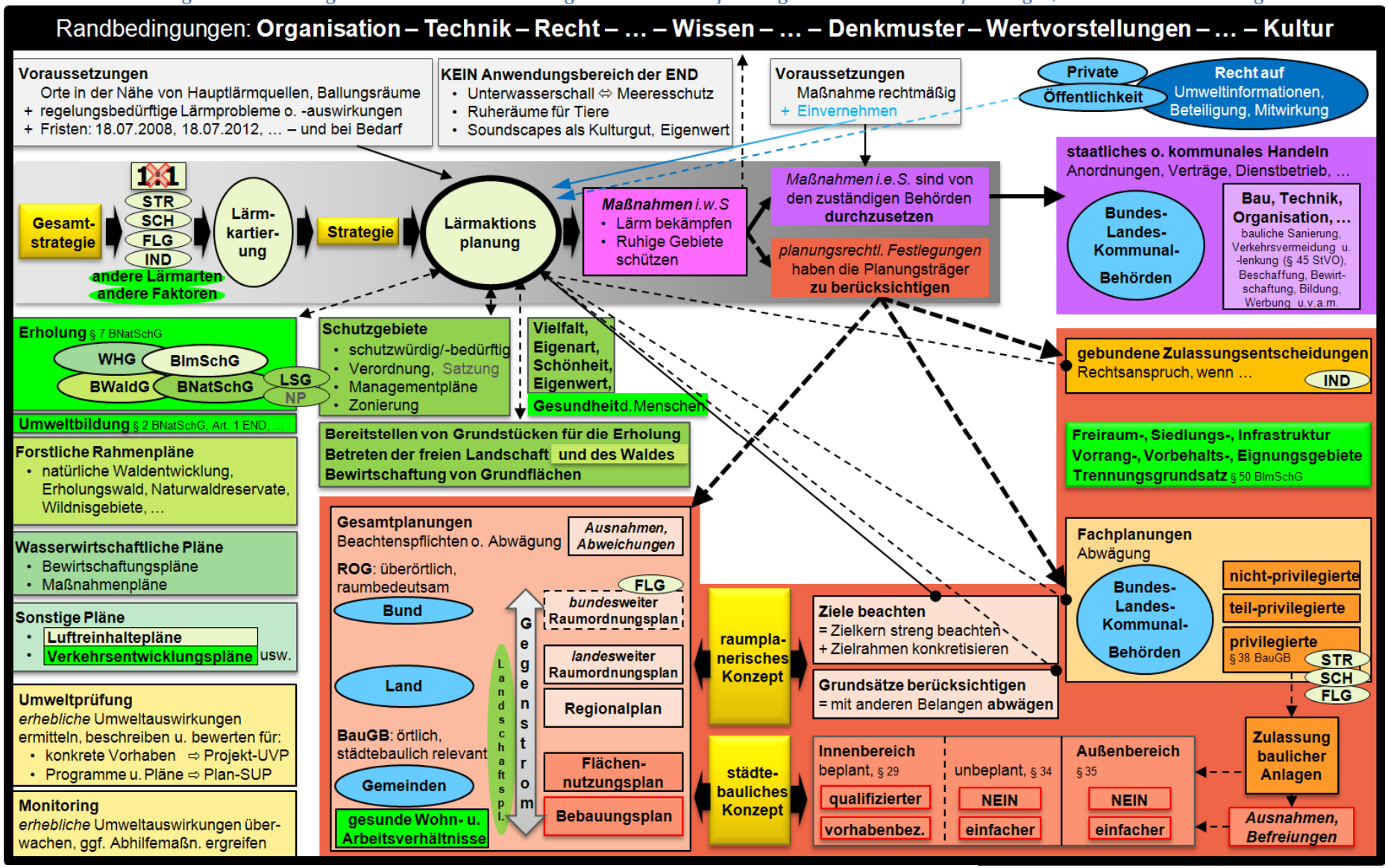
10. Fazit & Ausblick

Bestmögliche Lärmkarten sind effektiver und effizienter (besser und billiger) als 1:1-Karten – aber erstellt werden sie trotzdem nicht. Warum?
Ruheschutz und Lärmbekämpfung beginnen im Kopf. Damit sich etwas ändert, muss sich zunächst in den Köpfen und dann im Verhalten und Handeln etwas ändern.
Bessere Lärmkarten sind deshalb eine Herausforderung für die Akustik und mehr noch für die **Organisationspsychologie**. *Technische* Lösungen (diese Arbeit) können daher nur ein erster Schritt hin zu einer Gesamtlösung sein. Das zeigen auch die Ergebnisse von Experteninterviews (Tab. 93, S. 368). Die daraus abgeleiteten organisationspsychologischen und psychologischen Implikationen (Hypothesen) deuten mögliche Lösungswege an.
Wie eine *organisationspsychologische* Lösung und damit eine Gesamtlösung aussieht, wer sie wie und wann realisieren kann, muss hier offen bleiben.
Eines aber steht jetzt schon fest: Die Ruhigen Gebiete sollten es uns wert sein, dass wir gemeinsam mit vereinten Kräften nach einer Gesamtlösung suchen – und diese finden.

Wie eine organisatorisch-psychologische Lösung und damit eine Gesamtlösung aussieht, wer sie wie und wann realisieren kann, muss hier offen bleiben.

Eines aber steht jetzt schon fest: Die Ruhigen Gebiete sollten es uns wert sein, dass wir gemeinsam mit vereinten Kräften nach einer Gesamtlösung suchen – und diese finden.

Abb. 78: Schutz Ruhiger Gebiete: Integration von Lärmkartierung & Lärmaktionsplanung in Fach- & Gesamtplanungen, behördliches & sonstiges Handeln.



L a n g fassung

Inhaltsverzeichnis

1. EG-UMGEBUNGSLÄRM-RICHTLINIE 66

1.1 AUFTRAG 66

1.2 DURCHFÜHRUNG DER 1. STUFE 2007 69

1.3 ERGEBNISSE DER 1. STUFE 2007 70

1.3.1 Zugang zu den Lärmkarten und -daten 70

1.3.2 Umfang der Lärmkartierungen 2007 – 1. Stufe 70

1.3.3 Lärmkarten der END – 1. Stufe 2007 73

1.3.4 Kosten 74

1.4 PROBLEME 74

1.5 LÖSUNG 76

2. STAND VON FORSCHUNG UND PRAXIS 80

2.1 METHODEN ZUR KARTIERUNG VON LÄRM UND RUHE 80

2.1.1 GIS 80

2.1.2 Lärmkorridore 81

2.1.3 Akustik-Software 81

2.1.4 Schallmessungen 82

2.1.5 Ortsbegehungen mit subjektiven Bewertungen 83

2.1.6 Befragung von Besuchern und Bewohnern 84

2.2 PRAXIS DER LÄRMKARTIERUNG 85

2.2.1 Umsetzung der END in Deutschland 85

2.2.2 Zulassungsverfahren 86

2.2.3 Anlagenüberwachung und Forschung 86

2.2.4 EU und andere Staaten 86

2.3 WIRKUNG VON LÄRM UND RUHE 87

2.3.1 Menschen 87

2.3.2 Tiere 90

2.3.3 Soziale und ökonomische Folgen 90

2.3.4 Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität 91

2.3.5 Ruhe und Ruhige Gebiete 94

2.3.6 Soundscapes und multifaktorielle Einflüsse 99

2.3.7 Ruhewirkungen – Ruhe als Ressource 101

2.3.8 Gedankenmodell dieser Arbeit – Zwischenfazit 105

2.4 DEFINITIONEN FÜR RUHIGE GEBIETE 107

2.4.1 Pegelkriterien als Schwellen 107

2.4.2 Anteil Belästigter bei L_{DEN} = 45 bzw. 55 dB(A) 113

2.4.3 Pegelkriterien als Qualität 114

3. PROJEKTMANAGEMENT 121

3.1 ZIEL, KONZEPT UND TECHNIK 121

3.1.1 Ziel 121

3.1.2 Konzept 121

3.1.3 Technik ... *122*
3.2 PROZESSE, BAUSTEINE UND ARBEITSSCHRITTE ... 123
3.3 ZEHN STRATEGISCHE GRUNDSÄTZE ... 125
3.4 MODELLE UND MODULARER AUFBAU DER ARBEIT ... 127
3.4.1 Nomenklatur ... *127*
3.4.2 Lage und Merkmale der Modelle ... *127*
3.4.3 Räumliche und inhaltliche Einordnung der Modelle ... *131*
3.4.4 Lärmarten ... *132*
3.4.5 Angewandte Methoden ... *133*
3.4.6 Ruhige Gebiete: inhaltliche und räumliche Schwerpunkte ... *134*
4. ERSTELLUNG DER AKUSTIK-MODELLE ... 136
4.1 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN ... 136
4.2 PARAMETER ... 137
4.3 VON DEN DATEN ZUM MODELL UND ZUR LÄRMKARTE ... 140
4.4 EINGANGSDATEN ... 143
4.4.1 Geobasisdaten ... *143*
4.4.2 Fachdaten zur Bestimmung der Emissionspegel ... *146*
4.5 AKUSTIK-MODELLE ... 153
4.5.1 Phase 0: Diplomarbeit ... *153*
4.5.2 Phase 1: Wiesbaden – WI ... *153*
4.5.3 Phase 2: Hessen – HE ... *160*
4.5.4 Phase 3: Hessen plus Außenbereich – Straßen – HEplus(STR) ... *166*
4.5.5 Phase 4a: Hessen plus Außenbereich – Schienen ... *171*
4.5.6 Phase 4b: Hessen plus Außenbereich – Flugverkehr ... *181*
4.5.7 Weitere Modelle ... *181*
4.5.8 Ergebnisse und Empfehlungen ... *181*
5. WIESBADEN: PARAMETERSTUDIEN STR ... 185
5.1 WARUM PARAMETERSTUDIEN – WARUM WIESBADEN? ... 185
5.2 VORGEHEN ... 187
5.3 ERGEBNISSE ... 191
5.3.1 Erläuterungen zur Ergebnistabelle – Tab. 40, S. 194 ... *191*
5.3.2 Ergebnisse der Parameterstudien zu WI ... *194*
5.3.3 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse ... *208*
5.4 ANMERKUNG ZU MODELL HE ... 210
6. HESSEN PLUS: PARAMETERSTUDIEN STR ... 211
6.1 NOMENKLATUR UND FARBEN DER KARTEN ... 211
6.1.1 Nomenklatur ... *211*
6.1.2 NoData-Pegel ... *212*
6.1.3 Pegelklassen und Farben in den Lärm- und Ruhekarten ... *214*
6.2 STANDARDMODELL FÜR STRAßEN – STR ... 215
6.2.1 Charakteristika und Optimalwerte des Standardmodells zu HEplus ... *215*
6.2.2 Vergleich der Modelle HEplus (~Hessen) und SonBase (Schweiz) ... *217*

6.2.3 Lärm- und Ruhekarten für Straßenlärm – STR *218*
6.3 EINFLUSS DER GEBÄUDE UND DES GELÄNDES 219
6.3.1 Allgemeine Bedeutung von ALK und DGM *219*
6.3.2 Einfluss von ALK und DGM auf die pRG35 im Freiraum *223*
6.3.3 Lärmkorridore *225*
6.3.4 Modellvergleiche *228*
6.4 EINFLUSS DER RASTERWEITE RW 235
6.4.1 Allgemeine Bedeutung von Rw *235*
6.4.2 Einfluss der Rasterweite Rw im Siedlungsraum *237*
6.4.3 Einfluss der Rasterweite Rw im Freiraum *240*
6.4.4 Bedeutung von pRG35-Kleinstflächen – einheitliche Rasterweite *242*
6.5 EINFLUSS DER PAUSCHALEN DTV-WERTE $DTV_{PAUSCHAL}$ 243
6.5.1 Allgemeine Bedeutung von $DTV_{pauschal}$ *243*
6.5.2 Summativer und räumlicher Vergleich *245*
6.5.3 Einfluss von $DTV_{pauschal}$ auf die pRG35 ..... *250*
6.6 EINFLUSS DER DTV-SCHWELLE $DTV_{SCHWELLE}$ 251
6.6.1 Allgemeine Bedeutung von $DTV_{Schwelle}$ *251*
6.6.2 DTV-Schwellen in Rechtsnormen *251*
6.6.3 Nomenklatur der Modelle DTVx *253*
6.6.4 Einfluss auf die pRGx im Siedlungsraum – Bad Wildungen u. Frankfurt *253*
6.6.5 Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf die pRGx im Freiraum *256*
6.6.6 Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf Gesamtlänge u. Anteil der kartierten Straßen *258*
6.6.7 Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf die Lärmbelastungen im Außenraum *258*
6.6.8 Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf die END-Karten der 1. und 2 ff. Stufe *266*
6.6.9 Schwellenwerte als Filter *269*
7. RUHIGE GEBIETE IN HESSEN 272
7.1 LÄRM- UND RUHEKARTEN FÜR STR, SCH UND FLG 272
7.1.1 Lärm- und Ruhekarten *272*
7.1.2 Lärmbelastungen in HEplus – Außenraum (RAS) *276*
7.1.3 Lärm- u. Ruhebilanz für Hessen – Außenraum, Einwohner u. Mittelwerte *280*
7.1.4 Lärmbelastungen in den 430 hessischen Gemeinden – Außenraum (RAS) *281*
7.1.5 Rangliste der 10 lautesten Gemeinden – STR, SCH und FLG *286*
7.2 GESAMTLÄRM GES – BERECHNUNGSMETHODEN 289
7.2.1 Methode 1: Rangsumme *289*
7.2.2 Methode 2: Gesamtlärmpegel L_{DEN}(GES) *289*
7.3 LÄRM- UND RUHEKARTEN FÜR GES 299
7.3.1 Vergleich der GES-Berechnungsmethoden für den Außenraum (RAS) *299*
7.3.2 Gesamtlärm: Rangliste der 10 lautesten und 10 ruhigsten Gemeinden *303*
7.4 GESAMTLÄRM UND PRGX 304
7.4.1 Dreifach-Bedingung für die Einzelpegel L_{DEN}(Y) *305*
7.4.2 Bedingung für den Gesamtlärmpegel L_{DEN}(GES) *305*
7.4.3 pRG35-Karten im Vergleich: GES, Dreifach-Bedingung und STR *306*

7.4.4 Summativer und lagegenauer Vergleich der pRG35 ... 307
7.4.5 Rangliste der pRG35(GES) mit A > 20 km² in Hessen ... 309
7.5 VERGLEICH DER PRG35(GES) MIT SCHUTZGEBIETEN ... 313
7.5.1 Summativer Vergleich – Überblick ... 313
7.5.2 Lagegenauer Vergleich der pRG35(GES) mit BNatSchG-Schutzgebieten ... 316
7.5.3 Lagegenauer Vergleich der pRG35(GES) mit Wald und BWaldG-Schutzgebieten ... 317
7.5.4 Lagegenauer Vergleich der pRG35(GES) mit LRP-Flächen ... 318
7.5.5 Hessen: Anteil der pRG35(GES) in Schutzgebieten – und umgekehrt ... 321
7.5.6 Ruhige Gebiete als neues eigenständiges Schutzgut ... 324
8. RUHIGE GEBIETE IN DEUTSCHLAND ... 327
8.1 AKUSTIK-MODELL – MODELL D ... 327
8.1.1 Gebäude und Gelände ... 327
8.1.2 Schallquellen ... 327
8.1.3 Lärm- sowie Ruhekarten für GES im Freiraum ... 330
8.2 LÄRMKORRIDORE – MODELL D-KORRIDORE ... 330
8.3 LÄRM- SOWIE RUHEKARTEN FÜR DEUTSCHLAND ... 331
8.3.1 Lärm- sowie Ruhekarten für GES = STR + SCH im Freiraum ... 331
8.3.2 Summativer Vergleich der Modelle D und D-Korridore ... 333
8.3.3 Lagegenauer Vergleich der Modelle D und HEplus ... 334
8.3.4 Analyse der pRG35(GES) aus Modell D ... 335
8.3.5 Rangliste der 28 pRG35(GES)-Großgebiete in Deutschland ... 337
8.3.6 pRG35(GES)-Großgebiete und aktuelle Flächennutzung ... 340
8.3.7 Allianz: Gesundheit & Wohlbefinden, Tourismus, Erholung & Ruhe ... 342
9. SCHUTZ RUHIGER GEBIETE ... 343
9.1 RECHTLICHE VORGABEN ... 343
9.2 HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN ... 347
9.2.1 Zweipolige Zielwerte mit Fristen und zusätzlichen Anreizen ... 350
9.2.2 Defizite des deutschen Lärmschutzrechts ... 352
9.2.3 Klassische Lärmminderungsmaßnahmen ... 353
9.2.4 Lärmaktions-/Fach- u. Gesamtplanungen – Maßnahmen ... 356
9.3 VORBILDLICHE PRAKTISCHE BEISPIELE ... 361
10. FAZIT & AUSBLICK ... 367
ANHANG ... 369
PRIORITÄTENLISTE – LÄRMBELASTUNGEN IN ALLEN 430 GEMEINDEN HESSENS: AUßENRAUM UND WOHNGEBÄUDE ... 370
LITERATURVERZEICHNIS ... 380
TABELLENVERZEICHNIS ... 400
ABBILDUNGSVERZEICHNIS ... 402
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS ... 404
NOMENKLATURVERZEICHNIS ... 409
ERKLÄRUNG ... 412
DANKSAGUNG ... 413

1. EG-Umgebungslärm-Richtlinie

Das Kapitel beschreibt zunächst, welchen Auftrag die EG-Umgebungslärm-Richtlinie den Mitgliedstaaten der EU erteilt (Kap. 1.1), wie die erstmalige Durchführung der Richtlinie im Jahre 2007 erfolgte (Kap. 1.2), welche Ergebnisse erzielt wurden (Kap. 1.3) und welche Probleme eine 1:1-Umsetzung der Richtlinie verursacht (Kap. 1.4). Danach wird der in dieser Arbeit verfolgte Lösungsansatz vorgestellt (Kap. 1.5).

1.1 Auftrag

Die 2002 veröffentlichte EG-Umgebungslärm-Richtlinie 2002/49/EG **(END)**[24] erteilt allen 27 Mitgliedstaaten der EU den rechtsverbindlichen Auftrag, mindestens alle 5 Jahre (2007, 2012 ff.) eine Bestandsaufnahme (= Lärmkartierung) des auf ihre Bürger einwirkenden Umgebungslärms durchzuführen und Lärmkarten zu erstellen (Abb. 2).

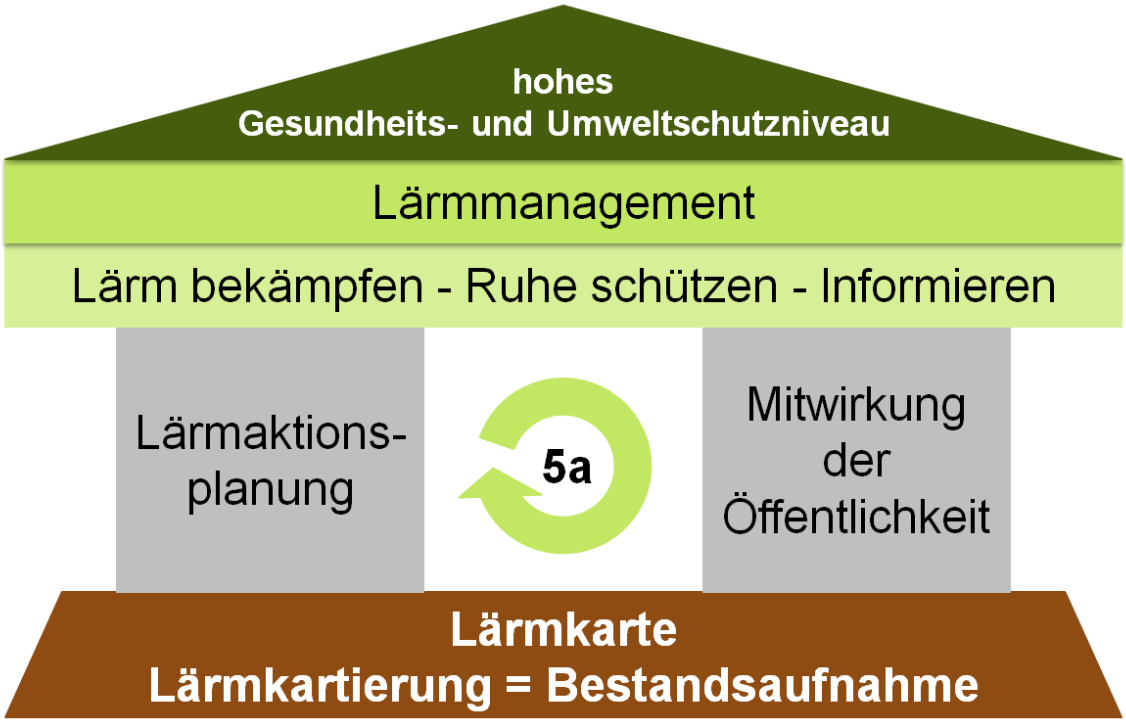


Abb. 2: Konzept der EG-Umgebungslärm-Richtlinie.

Die Lärmkarten bilden die Basis für die Lärmaktionsplanung, welche unter Mitwirkung der Öffentlichkeit zu erfolgen hat. Eine sachgerechte Kombination aller 3 Bausteine führt zu einem **modernen Lärmmanagement**, das

- den Lärm bekämpft[25],
- die Ruhe[26] schützt und
- die Öffentlichkeit über die Lärmsituation und die Lärmwirkungen informiert[27]

[24] END = Environmental Noise Directive = Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise = Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Veröffentlicht am 18.07.2002 im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 189.
[25] Art. 1 Abs. 1 lit. c END.
[26] Die Ruhe wird nach der END raumbezogen in Ruhigen Gebieten geschützt, die in Art. 3 Abs. 3 lit. l und m definiert sind.

Insgesamt soll dadurch ein bedeutender Beitrag für ein **hohes Gesundheits- und Umweltschutzniveau** geleistet werden (Erwägungsgrund 1 der END und EU, 1996).

Über wesentliche Eckpunkte der END, ihre Stärken und Schwächen informiert Tab. 4.

Tab. 4: EG-Umgebungslärm-Richtlinie (END): wesentliche Eckpunkte, Stärken und Schwächen.

Nr.	Eckpunkt	Inhalt
		Mindestanforderungen ≙ 1:1-Umsetzung = 1:1-Kartierung usw.
1	3 Ziele	1) Lärmbelastungen vermindern 2) Ruhige Gebiete schützen 3) Öffentlichkeit informieren
2	2 Phasen	1) Lärmkartierung zur Bestandsaufnahme ⇨ **Lärmkarten (Karten)** 2) Lärmaktionsplanung, um Probleme zu lösen ⇨ **Lärmaktionspläne (Pläne)**
3	4 Pflichten	1) Lärmkartierung nach Mindestanforderungen zur Bestandsaufnahme 2) Lärmaktionsplanung, um Lärmprobleme und Lärmauswirkungen zu regeln 3) Meldung von Ergebnissen an die EU-Kommission 4) Mitwirkung und Information der Öffentlichkeit
4	2 Pegelgrößen = Lärmindizes **Pegelschwellen**	1) L_{DEN} als Maß für die **allgemeine Belästigung** 2) L_N als Maß für **Schlafstörungen** Zu kartieren sind nur folgende Pegelbereiche: • L_{DEN} > 55 dB(A) • L_N > 50 dB(A), optional: L_N > 45 dB(A) Es gilt[28]: $\boldsymbol{L_{DEN}} = 10 \times log\,\frac{1}{24}\left(12 \times 10^{\frac{L_D}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_E+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_N+10}{10}}\right)$ (1.1)
5	2 Pegelarten	1) Rasterpegel RAS 2) Fassadenpegel FAS, in Deutschland nach VBEB berechnet
6	2 räumliche Bereiche	1) Ballungsräume 2) Bereiche um Hauptverkehrsstraßen, Haupteisenbahnstrecken u. Großflughäfen Qualität: in Ballungsräumen höher, da mehr Lärmquellen zu berücksichtigen sind
7	2 Stufen + Daueraufgabe	1. Stufe: 30.06.2007 für die ersten Karten und 18.07.2008 für die ersten Pläne 2. Stufe: 30.06.2012 und 18.07.2013 für Karten und Pläne in vollem Umfang n. Stufe: 2017, 2022, d.h. alle 5 Jahre o. früher, wenn sich Lärmsituation stark ändert
8	2 Typen Ruhiger Gebiete (RG)	1) im Ballungsraum: L_{DEN} oder andere Größe < L_{RG} für alle Lärmarten, wobei: L_{RG} = vom Mitgliedstaat festgesetzter Pegelwert für RG 2) auf dem Land: kein Verkehrs-, Industrie-, Gewerbe- oder Freizeitlärm[29]
9	2 × 4 Schwellen **Mengenschwellen**[30]	2-stufiger Kartierungsumfang[31], der i. Allg. durch Schwellenwerte festgelegt wird: **1. Stufe, 2007:** • Ballungsräume > 250.000 Einwohner, keine Schwellenwerte[32] • Hauptverkehrsstraßen > 6 Mio. Kfz/a • Haupteisenbahnstrecken > 60.000 Züge/a • Großflughäfen > 50.000 Bewegungen/a

[27] Siehe z.B. Art. 1 Abs. 1 lit. b und c sowie Art. 8 Abs. 1 lit. b END.

[28] In dieser Arbeit werden folgende Abkürzungen benutzt: $L_D = L_{Day}$, $L_E = L_{Evening}$ und $L_N = L_{Night}$.
Bei L_{Day}, $L_{Evening}$ und L_{Night} handelt es sich um die in Anhang I Nr. 1 END definierten **A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel** nach ISO 1996-2 (1987), die für den Tag (12 h), den Abend (4 h) und die Nacht (8 h) gelten. Durch die Maluswerte von 5 dB für den Abend und 10 dB für die Nacht werden Lärmbelastungen in diesen beiden Zeiträumen stärker gewichtet als während des Tages und dadurch die in diesen Zeiträumen höhere Lärmempfindlichkeit berücksichtigt.

[29] Das steht im Widerspruch dazu, dass die END für Industrie-, Gewerbe- und Freizeitlärm außerhalb von Ballungsräumen ansonsten keine Kartierungspflicht vorsieht.

[30] Das ist umgangssprachlich zu verstehen, es besteht kein Zusammenhang mit dem in der Psychoakustik und -physik benutzten Begriff der Schwelle.

[31] In Ballungsräumen ist auch Lärm von bestimmten Industriegeländen zu kartieren (Art. 3 lit. a i.V.m. Anhang IV END).

[32] Nach Anhang IV END sind in den Ballungsräumen nicht nur Hauptverkehrsstraßen (= Straßen mit mehr als 3 Mio. Kfz/a) zu kartieren, sondern „Straßenverkehr" generell. In Abgrenzung zu den Hauptverkehrsstraßen spricht die 34. BImSchV in § 4 Abs. 1 von „Sonstigen Straßen", konkretisiert diesen Begriff aber nicht durch eine Mengenschwelle; s.a. Tab. 58, S. 252.

Nr.	Eckpunkt	Inhalt
		2. Stufe und alle weiteren Stufen, **2012 ff**.: • Ballungsräume > 100.000 Einwohner, keine Schwellenwerte • Hauptverkehrsstraßen > 3 Mio. Kfz/a • Haupteisenbahnstrecken > 30.000 Züge/a • Großflughäfen > 50.000 Bewegungen/a, unverändert
10	Öffentlichkeit	– Soll über Umgebungslärm und seine Wirkungen informiert werden – Soll an der Ausarbeitung und Überprüfung der Lärmaktionspläne mitwirken
11	4 Lärmarten	– Straßenverkehr STR – Schienenverkehr SCH – Flugverkehr FLG – Industrieanlagen IND In der 1. Stufe der END praktisch ohne Bedeutung, aber in der END erwähnt[33]: – andere Lärmquellen - – Gesamtlärm GES
12	Stärken	– Erster Versuch einer **EU-weiten Bestandsaufnahme** der Lärmsituation – Lärm findet „Weg in fachübergreifende Politikbereiche"[34] – **Lärmmanagement** wird betont, nicht nur die Gefahrenabwehr – Intensive Öffentlichkeitsbeteiligung ist beabsichtigt – Psychoakustische und psychologische Faktoren können berücksichtigt werden – **Ruhige Gebiete** werden **erstmals EU-weit** als Schutzgut[35] **rechtlich verankert**
13	Schwächen	– **Unklare, widersprüchliche oder unvollständige Regelungen** – Keine EU-weit einheitlichen und verbindlichen Berechnungsmethoden – Nicht gehörgerecht, da A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel vorgegeben – **Hohe Schwellen** führen zu **unvollständigen Lärmkarten** (s. Abb. 3, S. 73) – Unklar oder strittig, ob und welche anderen Lärmarten zu betrachten sind – Keine klaren Kriterien, welche Lärmquellen in Ballungsräumen zu kartieren sind – Unklar, ob und wie eine Gesamtlärmbewertung zu erfolgen hat – Keine Klarstellung, dass Mindestanforderungen überschritten werden dürfen – **Keine EU-weit einheitlichen Grenzwerte**[36], d.h. **keine quantitativen Ziele** – Unklar, wann ein Aktionsplan aufzustellen ist, d.h. keine Auslöseschwellen o.Ä. – Unklar, bis wann die Aktionspläne umzusetzen sind, d.h. keine Fristen **<u>Ruhige Gebiete</u>:** – Keine Pflicht, Ruhige Gebiete zu kartieren, obwohl sie zu schützen sind – Keine EU-weiten Grenzwerte für Ruhige Gebiete (s. LRG in Nr. 8) – **Nicht kartierbar**, weil Pegel- und Mengenschwellen zu hoch ⇨ **100%-Ausfall**

[33] Details: a) Karten für andere Lärmquellen können optional für Ballungsräume erstellt werden (Anhang IV Nr. 8 END)
b) Statt Gesamtlärm wird in Art. 3 lit. r END von Gesamtbewertung gesprochen. Da der Begriff nicht weiter erläutert wird, bleibt unklar, was damit gemeint ist

[34] Babisch (2011), S. 30.

[35] Der Begriff „Schutz" ist in der END und im BImSchG weitaus enger gefasst als im BNatSchG:
- Art. 8 Abs. 1 lit. b END und § 47d Abs. 2 BImSchG, s.a. Tab. 85, S. 344:
  - „... gegen eine **Zunahme** des Lärms zu schützen." (Hervorhebungen durch den Autor)
- § 1 Abs. 1 BNatSchG:
  - „... **Schutz** umfasst *auch* die **Pflege**, die **Entwicklung** und, soweit erforderlich, die **Wiederherstellung** von Natur und Landschaft ..." (Hervorhebungen durch den Autor)

Eine Neufassung der END sollte angesichts der angestrebten Ziele einen umfassenderen Schutzauftrag formulieren, z.B.:
- „Ruhige Gebiete sind zu **schützen**, zu **pflegen**, zu **entwickeln** und, soweit erforderlich, **wiederherzustellen**."

[36] Sprachlich wie inhaltlich sind voneinander abzugrenzen (Stüer, 2009; Blaschke, 2010):
1. <u>Deutsches Recht</u>:
   a) **Grenzwert** = muss grundsätzlich eingehalten werden – Ausnahme: Vorliegen eines atypischen Falles
   b) **Richtwert** = kann begründet über- oder unterschritten werden – heißt auch Orientierungs- o. Auslösewert
   Bei beiden Begriffen kann es sich um Immissions- oder Emissionswerte handeln:
   c) **Immissions-/Emissionswert** = a) oder b)
2. <u>Europarecht</u>: **Grenzwert** = a) oder b) oder jeder andere entscheidungsrelevante Wert $\stackrel{\text{def}}{=}$ **EU-Grenzwert**
   = **END-Grenzwert**, um Verwechslungen mit dem deutschen Grenzwertbegriff auszuschließen

Die mit den Schwächen einhergehenden Probleme greift Kap. 1.4 auf. Die vorliegende Arbeit liefert vor allem Lösungen für jene Probleme, die aufgrund der Pegel- und Mengenschwellen (Nr. 4 u. 9) entstehen.

1.2 Durchführung der 1. Stufe 2007

Mit fast einjähriger Verspätung wurde die END zum 30.06.2005 in deutsches Recht umgesetzt[37]. Im Rechtsetzungsverfahren setzten sich jene Bundesländer durch, die keine über die Mindestanforderungen der END hinausgehenden Verpflichtungen eingehen wollten und deshalb für eine **strikte 1:1-Umsetzung der END** votierten. Damit war die Chance vertan, wenigsten auf nationaler Ebene die gröbsten Defizite der END zu heilen (s.S. 257).

Die **Zuständigkeiten** werden in § 47e Abs. 3 BImSchG zwischen Eisenbahnbundesamt (EBA), Gemeinden und Ländern aufgeteilt. Während jene des EBA eindeutig bestimmt sind, bleibt es den Ländern[38] vorbehalten, zu entscheiden, welche Aufgaben sie selbst wahrnehmen und welche bei den Gemeinden verbleiben (§ 47e Abs. 1 BImSchG).

Für die **Lärmkartierung** besitzt das EBA als einzige Behörde eine deutschlandweite Zuständigkeit (Schienenlärm). Sie erstreckt sich auf diejenigen Haupteisenbahnstrecken, die Schienenwege des Bundes sind[39], wobei es keine Rolle spielt, ob diese in einem Ballungsraum liegen oder nicht.
Für die übrigen Lärmarten haben die 16 Bundesländer die Zuständigkeiten sehr unterschiedlich verteilt (Drucksache 16/7798, 2008): Etwa die Hälfte hat sie bei den Gemeinden belassen, die anderen haben sie meist den Landesumweltämtern übertragen, die 2007 entweder selbst kartierten oder externe Dienstleister damit beauftragten. Auch Mischformen traten auf, z.B. dass Ballungsräume oder Gemeinden über einer bestimmten Einwohnerzahl (z.B. über 80.000) selbst kartieren mussten, während bei kleineren Gemeinden das Land diese Aufgabe übernahm.
In **Hessen** liegen die Zuständigkeiten beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), das die Lärmkartierung Hessen 2007 vollständig an ein Ingenieurbüro vergeben hat[40].

Bei der **Lärmaktionsplanung** ist die Lage übersichtlicher: Das EBA besitzt keinerlei Zuständigkeiten, sondern diese liegen in den meisten Bundesländern bei den Gemeinden[41]. Nur Bayern hat sie teilweise an die Regierungen übertragen und **Hessen** vollständig. Dort sind die 3 Regierungspräsidien Kassel, Gießen und Darmstadt zuständig.

---

[37] Die Umsetzung hätte bis zum 18.07.2004 erfolgt sein müssen.
[38] Auf die Besonderheiten in den Stadtstaaten wird nicht weiter eingegangen.
[39] Nach § 47e Abs. 3 BImSchG gilt dies nur für Schienenwege von Eisenbahnen nach dem Allgemeinen Eisenbahngesetz (**AEG**), dafür aber sowohl innerhalb als auch außerhalb von Ballungsräumen. Schienenwege, die nicht dem Bund gehören, müssen folglich von den Gemeinden oder der nach Landesrecht zuständigen Behörde (§ 47e Abs. 1 BImSchG) kartiert werden – was zu einer zusätzlichen Zerstückelung der Zuständigkeiten führt. Betroffen davon sind vor allem **Stadtbahnen**, also Straßen- und U-Bahnen. Siehe auch LAI (2011).
[40] Der Auftrag wurde am 24.05.2006 europaweit ausgeschrieben, die Vergabe erfolgte am 12.12.2006 und der Abschlussbericht datiert vom 25.08.2007 (ACCON, 2007; ted, 2006, 2007). Kosten: ca. € 274.000,-- inkl. 19 % MwSt. (ted, 2007). Auch die Lärmkartierung Hessen 2012 wurde wieder vergeben (ted, 2011).
[41] Dadurch erhöht sich die Anzahl zuständiger Stellen (Behörden) bei der Lärmaktionsplanung gegenüber der Lärmkartierung beträchtlich. Auf die damit verbundenen Probleme – z.B. mangelnde Erfahrungen bei vielen Gemeinden – kann hier nicht weiter eingegangen werden.

1.3 Ergebnisse der 1. Stufe 2007

Eine Darstellung der Ergebnisse im Überblick fällt schwer, da sich die Zuständigkeiten auf sehr viele Stellen verteilen – EBA, etliche Landesbehörden und allein in Deutschland einige tausend Gemeinden (UBA, 2011b) –, viele Lärmkarten erst mit mehr als einjähriger Verspätung (Frist 1. Stufe: 30.06.2007) fertiggestellt[42] wurden und oftmals auf eine Erstkartierung noch ergänzende Nachkartierungen folgten.

1.3.1 Zugang zu den Lärmkarten und -daten

Neben den Bundesländern und vielen Gemeinden betreibt seit Ende 2009 auch die **Europäische Umweltagentur (EEA)** einen Webdienst[43], der die Lärmkarten, Lärmbelastungen und Statistiken aller 27 Mitgliedstaaten bereitstellt und der fortlaufend aktualisiert wird.

1.3.2 Umfang der Lärmkartierungen 2007 – 1. Stufe

EU-27, Deutschland und Hessen – Schweiz und HEplus

Aus Tab. 5 geht hervor, welchen Umfang die Lärmkartierungen der 1. Stufe 2007 in sämtlichen 27 Mitgliedstaaten der EU (EU-27), der Bundesrepublik Deutschland (D) und dem Bundesland Hessen (Hessen) aufweisen. Gleichzeitig werden diese 3 Kartierungen, die i. Allg. nur Lärmquellen oberhalb der END-Schwellen (s.S. 67: Tab. 4, Nr. 4, 6 und insb. 9) beinhalten, mit 2 Kartierungen verglichen, die *alle* Lärmquellen berücksichtigen: Schweiz und HEplus, dem zentralen Modell dieser Arbeit (s. Kap. 4.5.4 u. 6, S. 166 u. 211).

Tab. 5: Umfang der Lärmkartierungen 2007: EU-27, Deutschland (D), Hessen – Schweiz, HEplus.
Datengrundlage: a) EU-27 und D: Hintzsche (2008). b) Schweiz: BAFU (2009a, 2009b). c) Hessen und HEplus: eigene Berechnungen. Anmerkungen: 1) Schweiz u. HEplus (s. Kap. 4.5.4, S. 166): berücksichtigen i. Ggs. zu den anderen Kartierungen alle *Lärmquellen, Ausnahme: nur 1 Flughafen in HEplus. 2) HEplus: END-konform. 3) Schweiz: gilt als die bisher weltweit umfangreichste Lärmkartierung (DataKustik, 2009). 4) Straßenlängen in Kursivdruck: auch Straßen < 6 Mio. Kfz/a enthalten; in Hessen aber nur sehr wenige.*

		END: 1. Stufe, 2007[44] DTV > 16.400 Kfz/24h[45] usw.			***Keine* Schwellenwerte, *alle* Straßen usw.**	
Merkmal	**Schwellenwert END: 1. Stufe, 2007**	**EU-27**	**D**	**Hessen**	**Schweiz**	**HEplus**
Ballungsräume	> 250.000 Einwohner	162	27	2	1	2
Straßen	> 6 Mio. Kfz/a	82.000 km	17.056 km	*2.600 km*	*76.504 km*	*57.897 km*
Schienen	> 60.000 Züge/a	12.000 km	4.435 km	870 km	3.000 km	3.973 km
Flughäfen	> 50.000 Bewegungen/a	74	9	1	70	1
kartierte Fläche	-	k.A.	k.A.	5.000 km²	41.000 km²	28.592 km²

Mit Hilfe von Tab. 5 ergibt sich:

- Der Anteil von D an EU-27 beträgt
  - bei den kartierten Straßen und Schienen: 21 % bzw. 37 %
  - bei der kartierten Fläche und Bevölkerung: 8 % bzw. 17 %[46]

[42] Von den kartierungspflichtigen Ballungsräumen waren bis 22.02.2009 erst 63 % ihren Meldepflichten (Art. 10 und Anhang VI END) nachgekommen und hatten die Ergebnisse ihrer Kartierungen an die EU-Kommission übermittelt (EU, 2009a).
[43] http://noise.eionet.europa.eu/
[44] Durch inzwischen erfolgte Nachkartierungen oder verspätet eingereichte Erstkartierungen ist davon auszugehen, dass die aktuellen Zahlen geringfügig von diesen Angaben abweichen.
[45] Es wird hier nur beispielhaft der Schwellenwert für Straßen angegeben. Für die anderen Lärmarten: s.S. 67: Tab. 4, Nr. 9.
[46] Nach eurostat (2009) gilt für Fläche und Bevölkerung mit Stand 01.01.2007:

⇨ Der Kartierungsumfang in D liegt (deutlich) über dem EU-Durchschnitt

- HEplus
  - beinhaltet 3,4-mal mehr Straßen als D und 22-mal mehr als Hessen
  - liegt in gleicher Größenordnung wie die Schweiz[47], die als weltweit größte Lärmkartierung angesehen wird (DataKustik, 2009)[48]

Bundesländer

Über die Internetportale der 16 Bundesländer (s.o.) wurde am 11.04.2009 der Kartierungsumfang pro Bundesland, beschränkt auf Straßen, ermittelt (Tab. 6, s. nächste Seite).

Die Summe der kartierten Straßenkilometer stimmt in etwa mit dem amtlichen Wert in Tab. 5 (Spalte „D") überein, was für die Güte der Internetrecherche spricht.

Die Auswertung von Tab. 6 ergibt:

- Die kartierte Straßenlänge L_{kart} ist linear mit der Bevölkerungszahl *Bev* **korreliert**:
  - $L_{kart} = 204{,}55 \times Bev + 232{,}49$, $B = R^2 = 0{,}8819$, $R = 0{,}9391$
    - L_{kart} in km und *Bev* in Mio. Einw.
- Die Dichte der klassifizierten Straßen ϱ_{klass} ist quadratisch mit der Bevölkerungsdichte ϱ_{Bev} korreliert (ohne Stadtstaaten):
  - $\rho_{klass} = -4 \times 10^{-6} \times \rho^2_{Bev} + 0{,}0031 \times \rho_{Bev} + 0{,}2389$, $B = R^2 = 0{,}7916$, $R = 0{,}8897$
    - ρ_{klass} in km/km² und ρ_{Bev} in Einw./km²
- **Hessen:**
  - **10,0 % des klassifizierten Straßennetzes wurden kartiert**[49]
    - Rang 3 unter den Bundesländern (ohne Stadtstaaten)
  - **5,9 %** des gesamten Straßennetzes wurden kartiert[50]

---

a) EU-27: 4.302.960 km² und 495,1 Mio. Einwohner
b) Deutschland (D): 357.090 km² und 82,3 Mio. Einwohner

Warum die für D angegebene Fläche bei eurostat (2009) gegenüber DESTATIS (2008) um 25 km² abweicht (s. Tab. 6, S. 72), ist unklar, aber auch bedeutungslos.

[47] Einzige Ausnahme: Flughäfen.

[48] Das Straßenmodell von HEplus wurde allerdings in über 70 Varianten berechnet, s. Parameterstudien in Kap. 6 (S. 211).

[49] 10,0 % ≙ 0,10 = 1.700 km/16.964 km laut Tab. 6, Nr. 5. Datengrundlage: ATKIS-Daten des BKG, Stand 2008. Im Vergleich dazu gilt nach S. 164, Tab. 31, Spalte „ReG": Länge der klassifizierten Straßen = Summe der Länge von A, B, L und K = 17.037,8 km, Datengrundlage hier jedoch: ATKIS-Daten des HLBG, Stand 2006 – daher die geringfügige Abweichung.

[50] 5,9 % ≙ 0,059 = 2.600 km/43.827,2 km, mit: a) 2.600 km = alle kartierten Straßen, s. Tab. 5. Folglich wurden in der 1. Stufe hessenweit 900 km = 2.600 km - 1.700 km Gemeindestraßen kartiert. b) 43.827,2 km aus Tab. 31, S. 164. Anmerkung 1: Die 900 km Gemeindestraßen kommen zustande, weil die amtliche Lärmkartierung Hessen 2007 in den 2 Ballungsräumen der 1. Stufe (Wiesbaden und Frankfurt am Main) alle Straßen mit DTV ≳ 3.000 Kfz/24h kartiert und nicht nur > 16.400 Kfz/24h. Anmerkung 2: Zum Vergleich der Anteile kartierter Straßen (s. Tab. 60, S. 258): a) amtliche Lärmkartierung Hessen 2007: 5,9 %
b) DTV16000 u. DTV16000END: 6,6 % u. 3,0 %

Haupt-Unterschiede: 1) DTV16000 und DTV16000END kartieren ganz Hessen inkl. der 2 Ballungsräume einheitlich und enthalten nur Straßen mit DTV > 16.000 Kfz/24h. 2) DTV16000 enthält nicht nur Autobahnen und Bundesstraßen mit DTV-Werten aus SVZ 2005, sondern auch alle nicht gezählte Straßen – letztere mit Pauschalwerten. Details: s. Tab. 63, S. 266 und auch Fußnote 54, S. 73.

Tab. 6: Umfang der „Lärmkartierung 2007“ in den 16 Bundesländern – Hauptverkehrsstraßen.

Datengrundlage: 1) „Straßenlänge kartiert 2007“ = L_{kart} = Gesamtlänge der 2007 nach END kartierten Hauptverkehrsstraßen (i.S. von Art. 3 lit. n END) für das jeweilige Bundesland. Die Tabelle ist nach diesen Werten absteigend sortiert. Die Angaben beruhen auf einer am 11.04.2009 durchgeführten Recherche und wurden meist den Internetauftritten der Landesbehörden entnommen. 2) „Straßenlänge klassifiziert 2008“[52]: aus ATKIS-Daten des BKG (s. Kap. 8.1, S. 327), die nur geringfügig von den amtlichen Statistiken (DESTATIS, 2008) abweichen, auf denen die übrigen Angaben beruhen. Beachte: Ein einheitliches Bezugsjahr war mangels geeigneter Daten nicht wählbar.

Legende: rote Schrift = Maximalwert der jeweiligen Spalte (Stadtstaaten nicht berücksichtigt), grüne Schrift = Minimalwert; fett = Hessen (Nr. 5), grau = Stadtstaaten.

			Straßenlänge					Dichte	
Nr.	**Abk.**	**Bundesland[51]**	**kartiert 2007**	**klassifiziert[52] 2008**	**Anteil kart./klass.**	**Fläche 2006**	**Bevölkerung 2006**	**Bevölkerungsdichte** ρ_{Bev}	**klass. Straßendichte** ρ_{klass}
1	NW	Nordrhein-Westfalen	3.800 km	30.747 km	12,4 %	34.086 km²	18,0 Mio. Einw.	528 Einw./km²	0,90 km/km²
2	BY	Bayern	3.000 km	43.146 km	7,0 %	70.550 km²	12,5 Mio. Einw.	177 Einw./km²	0,61 km/km²
3	NI	Niedersachsen	2.300 km	28.984 km	7,9 %	47.641 km²	8,0 Mio. Einw.	168 Einw./km²	0,61 km/km²
4	BW	Baden-Württemberg	2.028 km	28.308 km	7,2 %	35.752 km²	10,7 Mio. Einw.	299 Einw./km²	0,79 km/km²
5	**HE**	**Hessen**	**1.700 km**	**16.964 km**	**10,0 %**	**21.115 km²**	**6,1 Mio. Einw.**	**289 Einw./km²**	**0,80 km/km²**
6	HH	Hamburg	1.400 km	313 km	447,3 %	755 km²	1,8 Mio. Einw.	2.384 **Einw./km²**	0,41 km/km²
7	BE	Berlin	1.361 km	334 km	407,5 %	892 km²	3,4 Mio. Einw.	3.812 **Einw./km²**	0,37 km/km²
8	RP	Rheinland-Pfalz	1.200 km	18.990 km	6,3 %	19.853 km²	4,1 Mio. Einw.	207 Einw./km²	0,96 km/km²
9	BB	Brandenburg	898 km	12.901 km	7,0 %	29.480 km²	2,5 Mio. Einw.	85 Einw./km²	0,44 km/km²
10	SH	Schleswig-Holstein	640 km	10.222 km	6,3 %	15.799 km²	2,8 Mio. Einw.	177 Einw./km²	0,65 km/km²
11	SN	Sachsen	535 km	13.912 km	3,8 %	18.417 km²	4,3 Mio. Einw.	233 Einw./km²	0,76 km/km²
12	TH	Thüringen	500 km	10.174 km	4,9 %	16.172 km²	2,3 Mio. Einw.	142 Einw./km²	0,63 km/km²
13	MV	Mecklenburg-Vorp.	419 km	10.256 km	4,1 %	23.182 km²	1,7 Mio. Einw.	73 Einw./km²	0,44 km/km²
14	ST	Sachsen-Anhalt[53]	300 km	11.306 km	2,7 %	20.447 km²	2,4 Mio. Einw.	117 Einw./km²	0,55 km/km²
15	SL	Saarland	250 km	2.194 km	11,4 %	2.570 km²	1,0 Mio. Einw.	389 Einw./km²	0,85 km/km²
16	HB	Bremen	203 km	164 km	123,8 %	404 km²	0,6 Mio. Einw.	1.485 **Einw./km²**	0,41 km/km²
Summe			20.534 km	238.915 km	8,6 %	357.115 km²	82,3 Mio. Einw.	230 Einw./km²	0,67 km/km²
Summe ohne HH, BE, HB			17.570 km	238.104 km	7,4 %	355.064 km²	77,8 Mio. Einw.	219 **Einw./km²**	0,67 km/km²

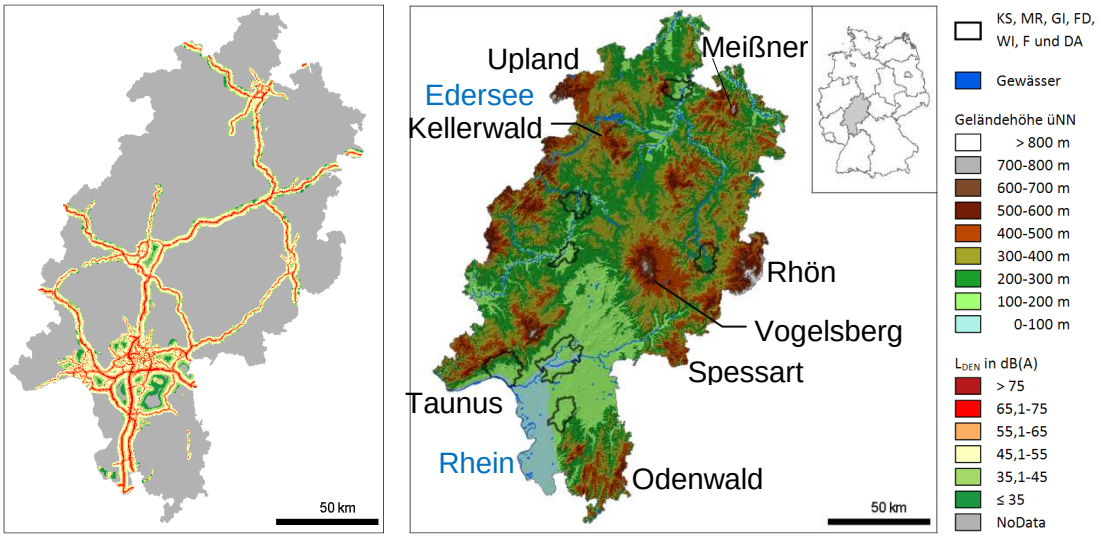
[51] Die 3 Stadtstaaten sind Ballungsräume i.S. der END, da sie mehr als 250.000 Einwohner besitzen. Wie Hamburg und Berlin zeigen, wurden hier vor allem nicht-klassifizierte Straßen kartiert und dabei z.T. deutlich unter die DTV-Schwelle von 16.000 Kfz/24h gegangen. Letzteres erwartet die END in Ballungsräumen auch: s. Anhang IV Nr. 3, Anhang VI Nr. 1.5 und Nr. 1.6 END, klarer in § 4 Abs. 1 der 34. BImSchV, s.a. S. 67: Tab. 4, Nr. 6 und Tab. 58, S. 252. Die Stadtstaaten können daher strenggenommen nur untereinander verglichen werden und sind deshalb grau dargestellt.

[52] D.h. alle Straßen außer Gemeinde- und Privatstraßen, also: **klassifizierte Straßen** = Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen.

[53] Eigene „Längenmessungen“ wurden anhand der im Internet veröffentlichten Karten durchgeführt, da explizite numerische Angaben nicht verfügbar waren.

1.3.3 Lärmkarten der END – 1. Stufe 2007

Weil fast alle Lärmkarten der 1. Stufe strikt nach den Mindestanforderungen der Richtlinie erstellt wurden (**1:1-Umsetzung**), weisen auch alle dasselbe Grundmuster auf. Es ist durch **schmale, „gerippeartige" Lärmbänder** geprägt, wie Abb. 3 am Beispiel des Straßenverkehrslärms der Lärmkartierung Hessen 2007 verdeutlicht. Die Bandmuster entstehen, weil aufgrund der strikten 1:1-Umsetzung nur jene Hauptverkehrsstraßen kartiert wurden, die oberhalb der Verkehrsmengenschwelle von 6 Mio. Kfz/a liegen (s. Tab. 4, Nr. 9)[54].



a) LDEN für Straßenverkehr *b) Geografische Orientierungs-Karte* *c) Legende*

Abb. 3: Lärmkartierung Hessen 2007 für Straßen als typische Lärmkarte der 1. Stufe der END.
Kartiert wurden außerhalb der Ballungsräume alle Straßen mit DTV > 16.400 Kfz/24h, in den beiden Ballungsräumen der 1. Stufe (Wiesbaden und Frankfurt) dagegen alle Straßen mit DTV ≳ 3.000 Kfz/24h. Die Karte beinhaltet eine 2008 durchgeführte „kleine" Nachkartierung, die aber das Gesamtbild nur unwesentlich verändert. Die geografische Karte dient der Orientierung und enthält: Höhe über NN, Gewässer, ausgewählte Mittelgebirge sowie als schwarze Umrisse die Städte Kassel, Marburg, Gießen, Fulda, Wiesbaden, Frankfurt am Main und Darmstadt – gezählt von Norden nach Süden und Westen nach Osten (s. Legende).

Aus Abb. 3 ergibt sich für den Straßenlärm in Hessen:

- **80 %** der Landesfläche[55] unkartiert und **ohne Informationen** zur Lärmsituation
- **54 %** der Bevölkerung[56] bleiben von der Lärmaktionsplanung **ausgeschlossen**[57]
- **100 %** der Ruhigen Gebiete sind ***nicht* zu finden** – kein einziges kartiert
    - Grund: Das kartierte Straßennetz ist viel zu weitmaschig, weil es auf einer 1:1-Kartierung basiert, die sich auf DTV > 16.400 Kfz/24h beschränkt

---

[54] Es gilt: 1. Stufe, 2007: 6 Mio. Kfz/a = 16.438 Kfz/24h ~ 16.400 Kfz/24h ~ 16.000 Kfz/24h
2. Stufe und alle weiteren, 2012 ff.: 3 Mio. Kfz/a = 8.219 Kfz/24h ~ 8.200 Kfz/24h ~ 8.000 Kfz/24h
Für Hessen werden folgende DTV-Schwellen verwendet (ACCON, 2007; ted, 2011; Stapelfeldt, M.O.S.S. & IVU, 2012; Kap. 6.6, S. 251):

Lärmkartierung Hessen 2007	16.400 Kfz/24h
Lärmkartierung Hessen 2012	8.000 Kfz/24h
HEplus	8.000 und 16.000 Kfz/24h, da 2 × 8.000 Kfz/24h = 16.000 Kfz/24h ~ 16.400 Kfz/24h

[55] Alle „grauen Bereiche" der Abb. 3.
[56] Alle Menschen, die in den nicht kartierten „grauen Bereichen" wohnen.
[57] Wenn die Aktionsplanung auf Grundlage dieser Lärmkarten stattfindet, was aber die END so vorsieht und was auch gängige Praxis ist.

Die Kartierung beschränkt sich hauptsächlich auf Autobahnen[58] und stellt (wenig überraschend) fest, dass diese „laut“[59] sind.
Für die anderen Lärmarten der END sehen die Ergebnisse ähnlich aus.

1.3.4 Kosten

Angaben zu den Kartierungskosten der 1. Stufe waren keine zu finden. Aus den wenigen Zahlen, die für öffentlich vergebene Aufträge frei zugänglich sind sowie eigenen Erfahrungen erscheinen folgende Schätzwerte für die Gesamtkosten (inkl. Personal) plausibel[60]:

- EU-27: ca. 100 Mio. €
- Deutschland: ca. 20 Mio. €

1.4 Probleme

Die inhaltlichen Anforderungen der END, ihre 1:1-Umsetzung in deutsches Recht und auch die ersten Lärmkarten (s.o.) sehen sich **seit 2002** zunehmender **Kritik** ausgesetzt.[61]

Tab. 7 listet die wichtigsten Problemfelder der END auf (s.a. Tab. 89, S. 352).

Tab. 7: Problemfelder der END.

Problemfeld 1: Anforderungen der END und der deutschen Durchführungsvorschriften (BImSchG usw.)	
1.	Die Vorgaben der END sind oft zu unbestimmt und teilweise widersprüchlich
2.	Durch die **1:1-Umsetzung** wurde es versäumt, diese Defizite zu heilen (s.a. S. 257)
3.	L_{DEN} und L_N basieren auf A-bewerteten Dauerschallpegeln, d.h. Lärmindizes nicht gehörgerecht
Problemfeld 2: **Schwellenwerte** bestimmen den Umfang der END-Kartierungen (Mindestanforderungen)	
4.	Nur **4 Lärmarten** (Straße, Schiene, Flughäfen und Industrie[62]) sind zu kartieren
5.	Nur die stärksten Lärmquellen[63] oberhalb bestimmter **Verkehrsmengen** sind zu berücksichtigen
6.	Nur hohe Pegelbereiche **L_{DEN} > 55 dB(A) und L_N > 50 dB(A)** sind zu betrachten
7.	Ballungsräume sind umfassender als das Land zu kartieren – ungleiche Mindestanforderungen
Problemfeld 3: Organisation	
8.	Technische Aspekte wie Rechenkapazitäten, Datenmanagement usw. werden fehlgewichtet

[58] In den beiden hessischen Ballungsräumen Wiesbaden und Frankfurt am Main wurden hingegen alle Straßen mit etwa DTV ≳ 3.000 Kfz/24h kartiert (ACCON, 2007). Das führt dort zwar zu einer höheren Qualität als außerhalb, stellt aber auch eine **Ungleichbehandlung der Bevölkerung** dar und ist **ungerecht (unfair)**. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass selbst diese Qualitätssteigerung in den Ballungsräumen für ein erfolgreiches Lärmmanagement nicht ausreicht, s. Abb. 49 (S. 254).

[59] Die Bezeichnung „laut“ ist bewusst etwas salopp gewählt. Sie ist alltagssprachlich zu verstehen und bedeutet soviel wie „stark lärmbelastet“ o.Ä. Ein Bezug zur psychoakustischen Lautheit wird *nicht* unterstellt. Das gilt für die gesamte Arbeit.

[60] Anmerkung 1: http://ted.europa.eu. ted – tenders electronic daily – ist das frei zugängliche Internetportal der EU für europaweite Ausschreibungen. Es enthält auch die Bekanntmachungen über vergebene Aufträge zu den Lärmkartierungen der 1. Stufe 2007, denen der endgültige Gesamtauftragswert entnommen werden kann. Dort finden sich folgende Angaben (gerundet inkl. 19 % MwSt.): a) Hessen 274.000 €. b) Schleswig-Holstein: 96.000 €. c) Berlin: 4 Angebote zwischen 114.000 und 294.000 €, keine Information, zu welchem Preis der Zuschlag vergeben wurde. d) Eisenbahnbundesamt (EBA): 5.250.000 €. Anmerkung 2: Ein unmittelbarer Vergleich der €-Beträge ist nicht möglich, weil sich die Flächengrößen und Leistungen i. Allg. unterscheiden. Anmerkung 3: In der Begründung zum Gesetz zur Umsetzung der EG-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm vom 28.07.2004 (Drucksache 15/3782, 2004) findet sich eine Kostenschätzung für Deutschland, die „... in Abhängigkeit von der Qualität der vorhandenen Daten ...“ (Drucksache 15/3782, 2004, S. 20) zu Gesamtkosten zwischen 40 und 72 Mio. € führt. Die veranschlagten Basispreise wurden aber in den öffentlichen Ausschreibungen i. Allg. deutlich unterboten, so dass die tatsächlichen Kosten diese Werte nicht erreicht haben dürften.

[61] Beispiele: Braunstein & Wilhelm (2005), Lärmkontor (2002, 2003, 2005, 2006), Rumberg (2006), Sundermann (2006), Cancik (2007), Jäschke (2007), Richard (2007), Bing (2008), Genuit & Fiebig (2008), SRU (2008) und Richard (2009).

[62] Nur in Ballungsräumen zu kartieren.

[63] Die Verkehrsmenge ist zwar ein wichtiger Parameter für den Emissionspegel L_{mE} einer Schallquelle, aber nicht der einzige. Beispielsweise hängt beim Straßenverkehrslärm L_{mE} zusätzlich noch von den Eigenschaften der Fahrbahn („Flüsterasphalt“ ⇔ Kopfsteinpflaster), der Straßensteigung und der Zusammensetzung des Verkehrs (Lkw, Pkw) ab. Ähnliches gilt für die Immissionspegel, z.B. L_{DEN}: Hier spielt zwar L_{mE} und damit die Verkehrsmenge eine große Rolle, aber nicht die einzige, denn erst die Eigenschaften des Ausbreitungsweges und des Immissionsortes bestimmen L_{DEN} endgültig.

9. Erfolgsfaktoren wie Organisation, Kommunikation, Projektmanagement usw. werden vernachlässigt 10. Information und Mitwirkung der Öffentlichkeit sind oft unzureichend 11. Erfahrungen, Know-how, Entscheidungsgewalt usw. verteilen sich auf viele Akteure 12. Keine Transparenz hinsichtlich der Berechnungsmodelle und der gewählten Parameterwerte 13. Keine oder keine zielgruppenspezifisch aufbereiteten Informationen[64]
Problemfeld 4: Lärmkarten
14. **Die Lärmkarten hängen vom Kartierer ab**, der **ca. 50 Parameter frei wählen** kann 15. Die ca. 50 frei wählbaren Parameter führen zu schwer vergleichbaren Lärmkarten 16. Die Lärmbelastungen werden nicht flächendeckend erfasst und stark unterschätzt: **80 % von Hessen unkartiert** (Abb. 3) und **88 % unbrauchbar** [= tatsächliche Belastungen > 5 dB höher (s. Tab. 64, S. 267)] 17. Belastungsschwerpunkte („Hotspots") werden daher z.T. räumlich falsch ausgewiesen **18. Ruhige Gebiete** sind **nicht kartierbar**, solange die Mindestanforderungen der END befolgt werden 19. Die Lärmkarten lassen sich für die Raum- und Bauleitplanung sowie Fachplanungen kaum nutzen
Problemfeld 5: Lärmaktionsplanung
20. Die Lärmaktionsplanung setzt falsche Prioritäten 21. Abwägungsfehler treten auf, da das Abwägungsmaterial (= die kartierte Lärmsituation) fehlerhaft ist 22. Falsche Maßnahmen und falsche planungsrechtliche Festlegungen werden getroffen (Abb. 78, S. 358) 23. Ruhige Gebiete können nicht geschützt werden ⇨ **100%-Ausfall**
Problemfeld 6: **Ruhige Gebiete (RG)**
24. Eine wichtige **Ressource** für Gesundheit, Wohlbefinden, Lebensqualität, Erholung u. Naturerleben, deren Wert aber mangels Information u. Werbung kaum bekannt ist (Kap. 2.3.4 u. 2.3.7, S. 91 u. 101) 25. Kein Schutz möglich – weder 2007 noch 2012 ff. (s. Nr. 18) –, weil mit END-Methode nicht zu finden 26. Oft von der Lärmaktionsplanung ignoriert: In Hessen ist kein RG festgesetzt worden (November 2012) 27. Häufiger Fehlschluss, sie seien etwas vollkommen Neues und Unbekanntes, niemand habe Erfahrungen 28. Breites Spektrum erprobter Kartierungsmethoden vorh., aber keine Standardmethode (Kap. 2.1, S. 80) 29. END fordert nur den Schutz bestehender RG, keine qualitativen Verbesserungen oder neue RG
Problemfeld 7: Kosten-Nutzen
30. Großer Aufwand (Steuergelder etc.), geringer Nutzen ⇨ END-Umsetzung ist **ineffektiv u. ineffizient**[65]

Damit lassen sich die **Ergebnisse der 1:1-Kartierungen 2007** wie folgt zusammenfassen:

- Der überwiegende Teil der Gesamtfläche bleibt unkartiert und ohne Informationen zur Lärmbelastung, was einer Bestandsaufnahme widerspricht
- Die kartierten „Restflächen" weisen z.T. hohe Fehler auf, weil infolge der hohen Schwellenwerte viele kleine, aber dennoch relevante Schallquellen nicht in Erscheinung treten
- Um die kartierten Straßen herum ergibt sich die Trivialaussage „stark befahrene Straßen sind laut"
- 100%-Ausfall bei Ruhigen Gebieten, denn diese sind „... in den Bereichen zu suchen, die ... nicht kartiert wurden." (LAI, 2009, S. 5)

Insgesamt führen die **1:1-Kartierungen** zu einer **paradoxen Situation**:

- 1:1-Karten liefern nur 3 Arten von Informationen:
    - **keine, fehlerhafte oder triviale**

---

[64] Siehe in der END: Erwägungsgründe 12, 13 und 16 lit. b sowie Art. 9, hier insb. Abs. 2: „Diese Information muss deutlich, verständlich und zugänglich sein. Eine Zusammenfassung mit den wichtigsten Punkten wird zur Verfügung gestellt."

[65] **Effektivität:**

- „Wirksamkeit" (Brockhaus, 2006, Band 7, S. 478), d.h. eine Wirkung hervorrufend, einen Effekt erzielend
- „IST-output/SOLL-output, der Zielerreichungsgrad" (GPM & Gessler, 2010, S. 926)
- Faustformel: Effektivität = „Die richtigen Dinge tun" (Dillerup & Stoi, 2011, S. 281) – u.U. aber ineffizient

Wird ein vorgegebenes Ziel vollständig erreicht, dann war die Handlung **effektiv**, ansonsten (mehr oder minder) ineffektiv.

Effizienz:

- „Wirtschaftlichkeit. Verhältnis von Mitteleinsatz und Zielerreichung" (Brockhaus, 2006, Band 7, S. 480)
- „output/input, der Wirkungsgrad" (GPM & Gessler, 2010, S. 926)
- Faustformel: Effizienz = „Die Dinge richtig tun" (Dillerup & Stoi, 2011, S. 281) – u.U. aber die falschen Dinge (ineffektiv)

- Der Erkenntnisgewinn einer solchen Bestandsaufnahme ist gering und steht in keinem Verhältnis zum Aufwand (Zeit, Personalbindung, Kosten usw.)
- Bei strenger 1:1-Umsetzung der END lassen sich die von ihr gesetzten Ziele ausgerechnet durch die von ihr selbst vorgegebenen Mindestanforderungen (Schwellenwerte) nicht erreichen

⇨ **1:1-Kartierungen sind ineffektiv *und* ineffizient**

Die Schwellenwerte halbieren sich **2012** zwar, aber die paradoxe Situation bleibt (Abb. 50b, S. 256), d.h. auch 2012 ff. wird man aus den 1:1-Karten keine Ruhigen Gebiete ermitteln können und die Lärmbelastung der Wohnbevölkerung immer noch um das **2-4-fache**[66] *unter*schätzen (Jäschke, 2011a).

Ohne eine fundierte Kartierung als solides Fundament drohen aber auch alle weiteren Phasen zu scheitern, weil sie darauf aufbauen (s. Abb. 2, S. 66). Damit besteht die Gefahr, dass die END ihr selbstgestecktes Primärziel – ein **hohes Gesundheits- und Umweltschutzniveau** sicherzustellen – verfehlt:

- Lärmbekämpfung und Ruheschutz drohen durch 1:1-Umsetzungen zu scheitern

1.5 Lösung

Der Lösungsansatz dieser Arbeit basiert auf folgender Gedankenkette (Abb. 4)[67]:

1. Damit sich **Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität** einstellen, ist – neben anderen Faktoren (s. Kap. 2.3.4 bis 2.3.7, S. 91 ff.) – ein **hohes** Gesundheits- und Umweltschutzniveau erforderlich (s.a. Abb. 2, S. 66)
2. Um ein solches Niveau zu erreichen, müssen – neben anderen Faktoren – sowohl hohe Lärmbelastungen vermieden und bekämpft als auch Ruhige Gebiete geschützt und gefördert werden
3. Damit das effektiv und effizient geschehen kann, müssen – neben anderen Faktoren – die dazu erforderlichen Maßnahmen (Aktionen) zuvor in einer **bestmöglichen** Lärmaktionsplanung objektiv und fundiert begründet hergeleitet werden
4. Dazu sind – neben anderen Faktoren – **bestmögliche** Lärmkartierungen vonnöten, die **optimale** Parameterwerte verwenden und dadurch zu einer **vollständigen** Bestandsaufnahme und zu **vollständigen** Lärmkarten führen, welche
    a) für einen großen (> 10.000 km²) Raumbereich
    b) eine hochwertige Bestandsaufnahme der Lärm- und Ruhesituation
    c) in einheitlicher Qualität liefern („fair“ sind, s. Fußnote 58, S. 74)
    d) weit weniger Probleme verursachen als die 1:1-Karten der END

Der Lösungsansatz korrespondiert naturgemäß mit dem Hauptziel der Arbeit (s.S. 8).

Die Nomenklatur der Tab. 8 soll den Lösungsansatz dieser Arbeit auch sprachlich von den gängigen 1:1-Kartierungen abgrenzen.

Die jeweils fett gedruckten Begriffe einer Spalte betonen lediglich unterschiedliche Merkmale desselben Sachverhaltes und werden in dieser Arbeit synonym verwendet – bestmögliche, optimale und vollständige Lärmkarte usw. meinen also letztlich dasselbe.

---

[66] Siehe Fußnote 490, S. 268.

[67] Dieselbe Gedankenkette liegt in etwa auch der END zu Grunde, siehe die Erwägungsgründe der END und Kap. 1.1. Die folgenden Punkte 1 bis 4 entsprechen den 4 Zielebenen in Abb. 4 (s.a. Abb. 2, S. 66).

Tab. 8: Nomenklatur: Lösungsansatz dieser Arbeit ⇔ END-Vollzug.
*Legende: Fettdruck = Begriffe, die in dieser Arbeit allgemein **synonym** benutzt werden; s.a. Tab. 23, S. 140.*

Nr.	Merkmal[68]		die vorliegende Arbeit	END bzw. END-Vollzug
1	Lärmkartierung		**NICHT-1:1 ≝ bestmöglich**	**1:1 ≝ gängig**
2	Schwellenwerte beachtet?		Nein	Ja
3	Parameterwerte		**optimal**	**spezifisch**
4	Straßenlärm	berechnete Quellen	alle	nur starke, oberhalb DTV-Schwelle
		DTV-Werte	alle verfügbaren Realwerte Rest: Pauschalwerte	nur Realwerte > DTV-Schwelle keine Pauschalwerte
5	Schienenlärm	berechnete Quellen	alle	nur starke, oberhalb Zugzahl-Schwelle
		Zugzahlen	alle verfügbaren Realwerte Rest: Pauschalwerte	nur Realwerte > Zugzahl-Schwelle keine Pauschalwerte
6	Gesamtlärm kartiert?		Ja	Nein
7	Art der Karte		**Lärm- *und* Ruhekarte**	**END-Karte**
8	Lärmbelastungen ermittelt?		Ja	Ja, ABER: um Faktor 2-6 niedriger
9	Ruhige Gebiete kartiert?		Ja, alle	Nein, kein einziges
10	Bestandsaufnahme		**vollständig**	**unvollständig**

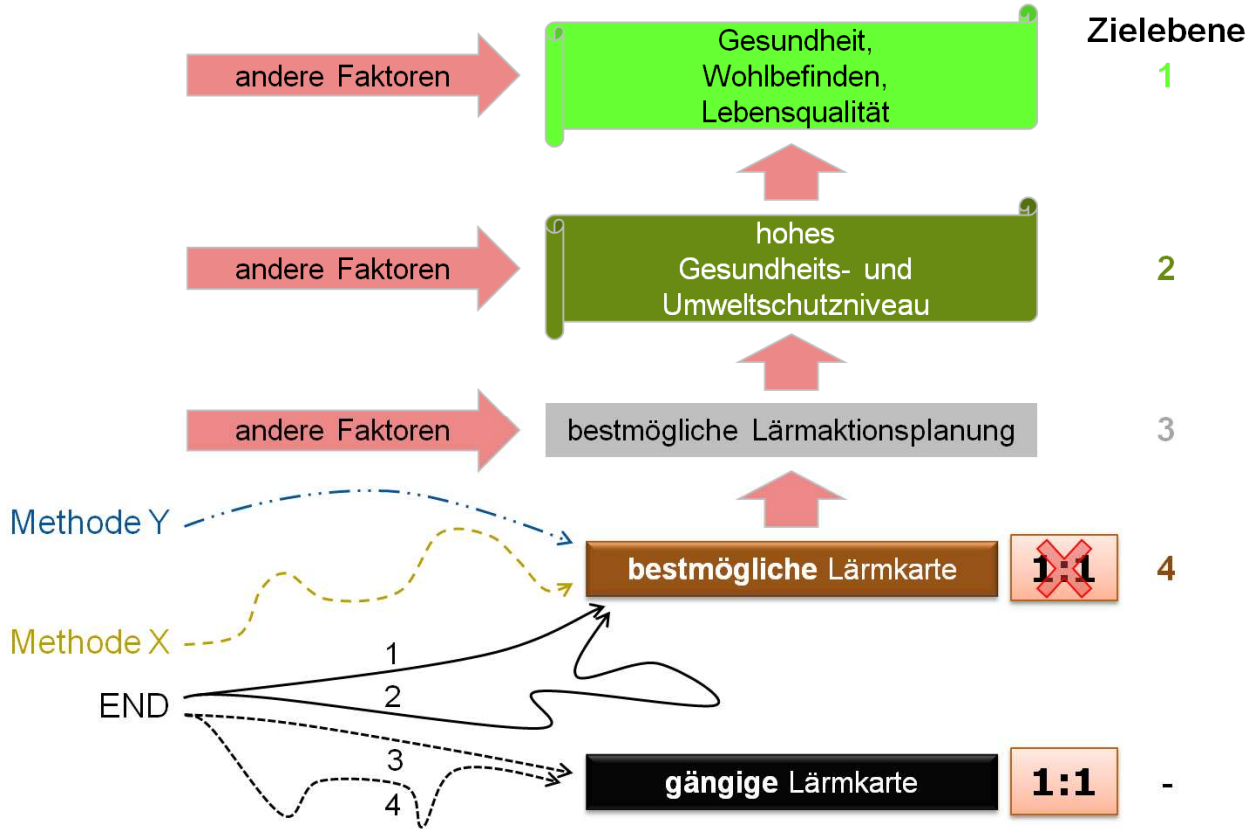


Abb. 4: Effektive und effiziente Lärmkartierungen, um die Ziele der END zu erreichen.

---

[68] Die verwendeten Begriffe werden in der vorliegenden Arbeit mit folgenden Bedeutungen gebraucht:

- **bestmöglich** = „möglichst gut, so gut wie irgend möglich" (Duden, 2011a, S. 301)
- **optimal** = „(unter den gegebenen Voraussetzungen, im Hinblick auf ein zu erreichendes Ziel) bestmöglich ..." (Duden, 2011a, S. 1290)
- **gängig** = „allgemein üblich, gebräuchlich, in Mode" (Duden, 2011a, S. 662)
- **spezifisch** = „für jmdn., etw. besonders charakteristisch, typisch, eigentümlich, ganz in der jmdm. eigenen Art" (Duden, 2011a, S. 1640), mit den Abkürzungen: jmdn. = jemanden, etw. = etwas und jmdm. = jemandem
- **„vollständig"** ist die Bestandsaufnahme nur hinsichtlich der kartierten Straßen- und Schienenquellen (Nr. 4 u. 5), nicht bzgl. aller Lärmquellen, anderer akustischer und nicht-akustischer Faktoren, die weiterhin fehlen (Ausnahme: Fluglärm durch Flughafen Frankfurt). Der Begriff ist hier also nicht absolut, sondern relativ zu den END-Karten zu verstehen.

Informationen zu den Begriffen, sortiert nach Nr.: 1) Tab. 4 (S. 67). 2) Tab. 7 (S. 74) u. Tab. 4 (S. 67). 3) Tab. 23 (S. 140). 4) u. 5) Kap. 4 (S. 136). 6) Kap. 7.2 (S. 289). 7) Tab. 42 (S. 211). 8) „Faktor 2-6": Tab. 65 (S. 268). 9) Abb. 3 (S. 73). 10) Kap. 6.6 (S. 251).

Ob, in welchem Umfang und wie wirtschaftlich die Ziele einer jeden Zielebene erreicht werden – wie effektiv und effizient gehandelt wird –, hängt von vielen akustischen und nicht-akustischen Faktoren ab (s.a. Tab. 93, S. 368).
Abb. 4 geht davon aus, dass verschiedene Methoden (X, Y sowie END 1 und 2) zu bestmöglichen Lärmkarten führen und daher **effektiv** sein können. Von diesen werden jedoch manche **effizienter** sein als andere (je kürzer die Linie, desto effizienter die Methode). Allerdings gibt es auch **ineffektive** Methoden (END 3 und 4).

Die Frage, welche Umstände für die unvollständigen Lärmkarten der 1. Stufe verantwortlich sind (s. Tab. 7, S. 74), führt auf die **Mindestanforderungen** (Schwellen) der END, insbesondere

- die ***Pegel*schwellen**: L_{DEN} > 55 dB(A) und L_N > 50 dB(A)[69]
- die ***Mengen*schwellen**: DTV > 8.000 Kfz/24h usw.[70]

Je niedriger die Schwellen, desto vollständiger und realistischer werden die Lärmkarten sein. Am besten sind sie dann, wenn ganz *ohne* Schwellen kartiert wird.
Deshalb besteht der **Lösungsansatz** darin,

- **Lärmkarten *ohne* Schwellenwerte** zu erstellen und
- insb. *alle* Straßen und *alle* Schienen *vollständig* zu kartieren (s.o.: Tab. 8)

Die vorliegende Arbeit setzt sich ausschließlich mit dem akustischen Faktor „Lärmkarte" auseinander und betrachtet auch nur solche Karten, die END-konform sind. Andere Methoden (X, Y in Abb. 4)[71] bleiben außen vor. Das **allgemeine Handlungsprogramm** lautet:

1. Erstelle Lärmkarten ohne Schwellen (= END 1 und 2 in Abb. 4)
2. Vergleiche flächendeckend diese vollständigen (bestmöglichen) Karten mit den unvollständigen (gängigen) 1:1-Karten (= END 3 und 4 in Abb. 4) und ermittle das Ausmaß der erzielten Verbesserung (ab Kap. 6, S. 211)
3. Vergleiche die vollständigen Karten mit anderen Methoden (= X oder Y in Abb. 4)

Aufwandsbedingt wird sich hier auf die Schritte 1 und 2 beschränkt.
Die Arbeit bleibt somit innerhalb der **Systemgrenzen** der END und verfolgt das Ziel, erst einmal in diesem Rahmen effektive und effiziente L_{Aeq}-Lärmkarten (s.S. 74: Tab. 7, Nr. 3) zu generieren. Das hat Vor- und Nachteile (+/-):

+ L_{Aeq}-Kartierungen sind rechtlich vorgegeben, Änderungen sind nicht zu erwarten
+ Das hier praktizierte Vorgehen kann sofort END-konform angewandt werden
+ Für **großflächige Kartierungen** gibt es derzeit keine erprobte Alternativmethode
- Grundsätzliche Systemmängel bleiben unentdeckt und werden nicht beseitigt

Psychoakustische und nicht-akustische Faktoren werden hier nicht kartiert.[72]
Schritt 3 bleibt künftigen Arbeiten vorbehalten. Erst danach kann entschieden werden, welchen Sinn weitere Korrekturen innerhalb des END-Systems machen[73] oder ob nicht ein **Systemwechsel**[74] (X oder Y statt END) notwendig ist, weil nur dadurch das Ziel einer

---

[69] Siehe Tab. 4, Nr. 4 u. Tab. 7, Nr. 6. Auf L_N wird nicht weiter eingegangen, da L_{DEN} im Mittelpunkt der Arbeit steht.
[70] Gilt für die 2. Stufe 2012 und alle weiteren Stufen 2017 ff.: s. Tab. 4, Nr. 9 und Abb. 3.
[71] Schallmessungen, psychoakustische oder sozialwissenschaftlich-psychologische Erhebungen (s. Kap. 2.1 und 2.3, Beispiel: s.S. 98), „multifaktorielle" GIS-gestützte Kartierungen (S. 100) oder ein Methoden-Mix. Denkbar wäre auch, eine vollkommen neuartige Methode zu erfinden.
[72] Wenn man weiterhin Lärmkarten nach den bisherigen Vorschriften (VBUS & Co, s. Kap. 2.2.1, S. 85) berechnet, dann müssen z.B. alle Nachteile der A-bewerteten Dauerschallpegel in Kauf genommen werden, und auch nicht-akustische Faktoren bleiben unberücksichtigt.
[73] Beispiel: Die END-Lärmarten werden um weitere ergänzt, z.B. Lärm von Schifffahrtswegen, Sport- und Freizeitanlagen.
[74] Beispiele: 1) „Psychoacoustic Mapping" (Schulte-Fortkamp, 2010, p. 8), d.h. psychoakustische Lärmkartierungen
2) Integration nicht-akustischer Faktoren (s. Kap. 2.3.6, S. 99)

(wirklich) vollständigen Lärmkarte erreicht werden kann. Bei dieser Entscheidung wären z.B. folgende Aspekte gegeneinander abzuwägen:

- Alle END-Karten beruhen auf A-bewerteten Dauerschallpegeln L_{Aeq}
- **Nur ca. 20-40 %** der Lärmbelästigungen (s.S. 67: Tab. 4, Nr. 4, L_{DEN}) werden durch den L_{Aeq} erklärt[75], der Rest ist auf psychoakustische und nicht-akustische Faktoren zurückzuführen[76] – welche durch END-Karten nicht erfasst werden können
- Für **großflächige Kartierungen** gibt es derzeit keine erprobte Alternativmethode zu L_{Aeq}-Kartierungen
- L_{Aeq} scheint durch technische, planerische und organisatorische Maßnahmen leichter beeinflussbar und vor allem überwachbar zu sein als so mancher andere akustische und nicht-akustische Faktor
- L_{Aeq}-Kartierungen sind rechtlich vorgegeben und es ist nicht zu erwarten, dass sich daran in den nächsten Dekaden etwas ändern wird

Angesichts dieser Lage scheint es momentan am wichtigsten zu sein, bei der Interpretation von L_{Aeq}-Kartierungen – z.B. im Rahmen einer darauf aufbauenden Lärmaktionsplanung – immer an die „20-40%-Begrenzung" u.Ä. zu denken. Für kleinere Untersuchungsgebiete bietet sich zudem der Einsatz alternativer Kartierungsmethoden an (s. Kap. 2.1, S. 80), um damit die L_{Aeq}-Defizite wenigstens lokal abfangen zu können.

In der vorliegenden Arbeit werden Lärmkarten erstellt, die alle Lärmquellen beinhalten. Damit lassen sich viele – wenn auch nicht alle – Probleme einer 1:1-Umsetzung der END lösen (Tab. 4 u. Tab. 7, S. 67 u. 74).

Bevor auf das Projektmanagement eingegangen wird (Kap. 3), das den Lösungsansatz dieser Arbeit umsetzen hilft, beschreibt das nächste Kapitel (Kap. 2) den aktuellen Stand von Forschung und Praxis.

[75] Statt „nur" kann auch von „immerhin" gesprochen werden, erklärt doch der eine Faktor L_{Aeq} schon ca. 20-40 % der Lärmbelästigungen – angesichts der vielen anderen Faktoren besitzt L_{Aeq} ein beachtlich hohes Gewicht.

[76] Guski (1987), Aubrée, Marquis-Favre & Premat (2005), Kang (2007), Maris (2008) und Schreckenberg (2010).

2. Stand von Forschung und Praxis

Nach einem Überblick über wichtige Methoden zur Kartierung von Lärm und Ruhe (Kap. 2.1) wird skizziert, welche davon tatsächlich zum Einsatz kommen (Kap. 2.2). Anschließend geht es um die wichtigsten Lärm- und Ruhewirkungen sowie die Bedeutung von Lärm und Ruhe für Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität des Menschen (Kap. 2.3). Am Ende zeigt sich, welche Definitionen für Ruhige Gebiete es schon gibt und wie sich daraus die in dieser Arbeit verwendeten Ruhequalitäten und der zentrale Begriff des potentiell Ruhigen Gebietes (pRG) ableiten lassen (Kap. 2.4).

2.1 Methoden zur Kartierung von Lärm und Ruhe

Lärm und Ruhe lassen sich mit folgenden Methoden **kartieren** („erfassen"):

- GIS
- Lärmkorridore
- Akustik-Software
- Schallmessungen
- Ortsbegehungen mit subjektiven Bewertungen
- Befragung von Besuchern und Bewohnern

Die Reihenfolge, die nicht als Rangfolge zu verstehen ist, beginnt mit den technischen und endet mit den sozialwissenschaftlich-psychologischen Verfahren. Grob betrachtet wird damit ein Weg beschritten, der zunächst versucht, die Lärmsituation durch allgemeine, mit Lärm korrelierte Geodaten (GIS) zu erfassen, um sich dann über akustische, psychoakustische und nicht-akustische Messgrößen zu einer immer gehörgerechteren Kartierung des Lärms und der Ruhe vorzutasten. Heutzutage ist Akustik-Software *die* Standardmethode zur Lärmkartierung.
Anschließend werden nur elementare Eigenschaften der Methoden sowie einige wesentliche Vor- und Nachteile umrissen. Konkrete Anwendungsbeispiele im Hinblick auf Ruhige Gebiete enthält Kap. 2.4 (S. 107).

Lärmkarten werden schon seit den 1930er-Jahren erstellt (Scharlach, 2002). Sie beruhten damals auf Schallmessungen oder einfachen Handrechnungen (Rechenschieber), die sich angesichts des Aufwandes auf wenige Einzelpunkte beschränken mussten und aus denen die Karten durch Interpolation der Mess- oder Rechenwerte entstanden.

2.1.1 GIS

Ein GIS (Geografisches Informationssystem) schafft ein digitales **Abbild der realen Welt**, indem nahezu beliebige Objekte und Beziehungen der Wirklichkeit über spezielle Datenmodelle im PC kartografisch dargestellt werden, um sie anschließend analysieren zu können. GIS lässt sich für alle Arten von Informationen mit Raumbezug (***Geo*informationen**) nutzen und bietet sich daher auch für eine Kartierung des Lärms an.
In der vorliegenden Arbeit besitzt GIS 3 Haupteinsatzfelder:

- Eingangsdaten prüfen und u.a. für die Akustik-Software aufbereiten
- Lärmkorridore erzeugen, anwenden und auswerten[77]

[77] Lärmkorridore sind ihrer Bedeutung wegen als eigenständige Methode aufgeführt, lassen sich aber mit GIS und Akustik-Software generieren.

- Ergebnisse der Akustik-Software mit anderen Daten verknüpfen und auswerten

Kritische Arbeitsschritte werden, soweit möglich, doppelt („redundant") mit GIS und mit Akustik-Software durchgeführt, um das Fehlerrisiko zu senken (s.a. S. 125: Tab. 21, S9).

2.1.2 Lärmkorridore

Lärmkorridore nutzen die Tatsache, dass sich die von einer Schallquelle abgestrahlte Schallleistung W bei **freier Schallausbreitung**[78] aus rein geometrischen Gründen mit zunehmender Entfernung r auf ein immer größeres Raumelement $4\pi r^2$ verteilt und aufgrund der Energieerhaltung Schalldruck p = p(r) und Schallpegel L = L(r) abnehmen.
Deshalb gilt für alle r mit $0\ m < r < r_{Korridor} = r_K$ stets: $L(0\ m) > L(r) > L(r_{Korridor}) = L(r_K)$.
Im gesamten **Korridor** (Bereich) von der Schallquelle bei r = 0 m bis zur Entfernung $r = r_K$ liegen die Immissionspegel daher stets über $L(r_K)$. Oder anders ausgedrückt: Man muss sich von der Quelle bis zur Entfernung r_K fortbewegen, um in den Genuss niedriger Immissionspegel zu gelangen. Wird $L(r_K)$ hinreichend klein gewählt – z.B. $L(r_K) = 35$ dB(A) –, dann lassen sich jene Flächen, die außerhalb des Korridors in einer Entfernung $r \geq r_K$ liegen, als Ruhige Gebiete ansehen, denn für sie gilt: $L(r) \leq 35$ dB(A) $= L(r_K)$.
Bei Lärmkorridoren handelt es sich um einfache akustische Modelle, die als Eingangsdaten nur die Lage der Schallquellen und r_K bzw. $L(r_K)$ benötigen. Sie lassen sich in GIS leicht realisieren und wurden früher wegen der leistungsschwachen PCs häufig angewandt. Ihr Einsatz ist auch heute noch bei sehr großen Untersuchungsgebieten oder speziellen Aufgaben gerechtfertigt. Die Ergebnisse beschränken sich jedoch auf reine Ja-Nein-Aussagen zur Frage, ob an einem bestimmten Ort r ein Ruhiges Gebiet vorhanden ist oder nicht.
Die vorliegende Arbeit nutzt Lärmkorridore, um zu prüfen, ob und wann sie eine einfache Alternative zur Akustik-Software sein können (s. Kap. 6.3.3 u. 8.2, S. 225 u. 330).

2.1.3 Akustik-Software

Ende der 1980er-Jahre wurden die ersten kommerziellen Softwarepakete zur Lärmberechnung angeboten[79]. Bei **Akustik-Software** handelt es sich um mathematisch-physikalische Computer*modelle*, die versuchen, die *reale akustische* Welt möglichst genau abzubilden[80]. Dazu berücksichtigen sie neben den akustischen Eigenschaften aller Schallquellen[81], Ausbreitungswege[82] und Immissionspunkte[83] vor allem die Physik der Schallausbreitung. Zum Aufbau eines solchen Modells müssen für das zu berechnende Untersuchungsgebiet alle erforderlichen Daten beschafft, in die Software importiert und darin aufbereitet werden (s. Kap. 4, S. 136). Anschließend lassen sich die Berechnungen auf einer geeigneten Hardware (PC) durchführen und im Ergebnis entsteht eine Lärmkarte, die

---

[78] **Freie Schallausbreitung** bedeutet z.B. für Straßenlärm (Bartolomaeus & Schade, 2006a): hindernisfreie Schallausbreitung gemäß VBUS, ausschließlich mit den dort näher definierten Zuschlägen D_S, DB_M und D_{met}. Alle anderen Effekte, insb. Abschirmungen und Reflexionen, werden vernachlässigt.

[79] Erste Anzeigen in der Zeitschrift für Lärmbekämpfung finden sich im Jahrgang 1989.

[80] Akustik-Software ist ein auf Lärm spezialisiertes GIS, mit dem Lärmberechnungen und -analysen relativ einfach möglich sind, das aber bei Weitem nicht an den Funktionsumfang gängiger GIS herankommt. Einem GIS wiederum fehlen die speziellen „Lärm-Funktionen", dafür lassen sich *alle* Arten von Geoinformationen verarbeiten und analysieren.

[81] Beispiel Straßenlärm: Der Emissionspegel L_{mE} ergibt sich u.a. aus der **„Durchschnittlichen Täglichen Verkehrsmenge" (DTV-Wert)**, die als Jahresmittelwert aus der Anzahl der pro Jahr auf der Straße verkehrenden Kfz ermittelt wird (Lensing, 2005; Kathmann, Ziegler & Thomas, 2009). Ferner gehen ein: zulässige Höchstgeschwindigkeit, Lkw-Anteil, Steigung, Straßenoberfläche, Regelquerschnitt – siehe VBUS und RLS-90.

[82] Beispiele: Gelände, Bewuchs und bestimmte Eigenschaften der Atmosphäre.

[83] Der Immissionspunkt (= mathematischer Punkt) liegt nach END in einer Höhe von 4 m über dem Boden (Gelände).

weiter ausgewertet werden kann. Heute ist es möglich, Lärmkarten für große Flächen (Großstädte, Regionen oder Bundesländer) zu erstellen. Die konkreten Möglichkeiten hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab: Berechnungsmethode, Rechenkapazität, verfügbare und tatsächlich verwendete Eingangsdaten, Schwellenwerte, angestrebte Qualität, Anwendungszweck, Projektmanagement usw. Akustik-Software gestattet grundsätzlich voll-automatische, transparente und reproduzierbare Berechnungen – und das sowohl für den IST-Zustand als auch künftige SOLL-Zustände (Prognosen, Planungen, Szenarien). Außerdem lassen sich einzelne Berechnungs-Parameter gezielt variieren, so dass deren Einfluss auf die Ergebnisse untersucht werden kann (s. Kap. 5 u. 6, S. 185 u. 211). Es können aber nur die Lärmquellen berechnet werden, die vorher in das Modell „hineingesteckt" (digitalisiert) wurden.
Akustik-Software ist *die* Standardmethode zur Lärmkartierung und steht daher sowohl im Mittelpunkt der END als auch dieser Arbeit.

2.1.4 Schallmessungen

Schallmessungen finden im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Methoden nicht am Schreibtisch, sondern vor Ort im Untersuchungsgebiet statt. Auch Schallmessungen sind letztlich Modelle. Sie versuchen, das Schallfeld – die Realität – geeignet abzubilden, nur dass dazu Messtechnik eingesetzt wird. Wenn es um den Menschen geht, liegt eine geeignete Abbildung dann vor, wenn das Messgerät die physikalischen Eigenschaften des Schalls (Schalldruck usw.) möglichst realistisch in **akustische Wahrnehmungsgrößen (Hör*empfindungen*)** transformiert. Hierzu ist es als Erstes erforderlich, die Frequenzabhängigkeit des Gehörs nachzubilden.
Während die ersten Messgeräte zur Bestimmung des physikalischen Schalldrucks in den 1920er-Jahren hergestellt werden konnten (Martin, 1991), gelangen Anfang der 1930er-Jahre die ersten „frequenzgerechten" Messungen[84]. Hierzu wurden Bewertungsfilter (A, B, C u.v.a.m.) benutzt, die *näherungsweise* die Frequenzabhängigkeit der Lautstärkeempfindung des menschlichen Ohres nachbilden (Schick, 1990). Verschiedene Länder führten zunächst verschiedene, wenn auch z.T. ähnliche Filter ein[85].
Das **A-Bewertungsfilter – dB(A)** – wurde **1967** durch die Internationale Organisation für Normung (ISO) als Standard etabliert (Schick, 1990), um die bis dahin bestehende Vielfalt an Messmethoden zu vereinheitlichen und den ungehinderten Export und Import von Wirtschaftsgütern zu erleichtern (Zwicker & Fastl, 1986). Schon damals war bekannt, dass die damit erhaltenen A-Pegel nur bedingt geeignet sind, das menschliche Hörempfinden realistisch abzubilden. Deshalb war seine Einführung mit der Absicht verbunden, das dB(A) schnellstmöglich durch eine gehörgerechtere Methode zu ersetzen – was jedoch nicht geschah. Daher basieren auch heute noch viele Mess- und Rechtsvorschriften, so auch die END, auf **A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegeln**[86] **– L_{Aeq}-Pegel in dB(A)** –, obwohl das seit langem kritisiert wird:

- „Auf keinen Fall sollten auf dem dB(A) Gesetze aufgebaut werden, da deren ‚Wahrheitsgehalt' einer Prüfung doch nicht standhalten kann." (Zwicker & Fastl, 1986, S. 63; s.a. SRU, 1987)[87]

[84] Der 1926/27 von Barkhausen vorgestellt „erste deutsche Schallpegelmesser" (Schick, 1990, S. 24) verwendete nicht das A-Filter.
[85] Beispiele: a) USA: A-, B- und C-Filter. b) Deutschland: DIN-phon (1), (2) und (3), wobei A-Filter ~ DIN-phon (2), B-Filter ~ DIN-phon (1), aber C-Filter ≠ DIN-phon (3), s. Schick (1990).
[86] DIN 1320 (2009).
[87] So in der Zeitschrift für Lärmbekämpfung, die auch in Ministerial-, Vollzugs- und anderen Fachbehörden weit verbreitet ist.

Auch wenn dieser Aspekt hier nicht weiter vertieft werden soll, so bleibt festzuhalten, dass Lärmschutzrecht und Verwaltungspraxis in diesem Punkt seit vielen Jahrzehnten nicht mehr dem Stand des Wissens entsprechen (s.a. Kap. 9, S. 343).
Und das, obwohl es der **Psychoakustik** schon seit langem gelungen ist, durch Hörversuche mit Versuchspersonen zwischen ***physikalischen* Schallreizen** – Schalldruck, Frequenz, Zeitstruktur, Einfallswinkel usw. – und ***psychologischen* Hörempfindungen** – Lautheit, Schärfe, Rauigkeit, Ausgeprägtheit der Tonhöhe usw. – quantitative Zusammenhänge herzustellen (Zwicker & Fastl, 2007; s.a. Haverkamp, 2009). Zwar werden diese psychoakustischen Größen **seit ca. 30 Jahren** in der Fahrzeugakustik zum Sounddesign genutzt (Genuit, 2010), aber nicht in Rechtsnormen zum Umwelt- und Umgebungslärm.
Auch Messungen haben ihre Vorteile: Im Gegensatz zur Akustik-Software muss man sich weder Gedanken darüber machen, ob alle Lärmquellen erfasst werden – Mikrofone nehmen im jeweiligen Messbereich immer alle Geräusche auf, die vorhanden sind – noch darüber, ob die Quellen oder die Schallausbreitung realitätsnah modelliert werden. Andererseits kann aber gerade die Eigenschaft, „rücksichtslos" alle Quellen zu messen, sehr unerwünscht sein, wenn es z.B. darum geht, den Einfluss ausgewählter Einzelquellen zu ermitteln. Dann ist es erforderlich, die Störgeräusche während oder – bei Tonaufzeichnung – nach der Messung aus dem Gesamtgeräusch zu eliminieren, was relativ aufwändig sein kann. Während die Akustik-Software bei den END-Methoden (VBUS & Co) von Dauerschallbedingungen ausgeht, erfasst eine Messung den **tatsächlichen Pegel-Zeit-Verlauf**, ist also gut geeignet, besonders ruhige und laute[88] Perioden bzw. Schallereignisse zu erfassen – vorausgesetzt, die Messzeit ist lang genug. Dagegen können **Kurzzeit-Messungen** zu einer völlig falschen Beurteilung der Geräuschsituation führen, wenn während der Messzeit zufällig außergewöhnlich viele ruhige oder laute Ereignisse auftreten. Wird an möglichst vielen Messorten gleichzeitig und hinreichend lange gemessen, dann lassen sich anschließend die Orte mit ihren Messwerten (Pegeln) in eine **Karte** übertragen und durch **Interpolation** eine **Lärmkarte** erstellen. In den 1930er-Jahren entstanden genau so die ersten Lärmkarten (Kap. 2.1.3).
Messungen können aufwändig sein, wenn große Gebiete zu vermessen sind.
Obwohl die END sowohl *berechnete* als auch *gemessene* Lärmkarten zulässt (Anhang II Nr. 1 END), wurden alle amtlichen Lärmkarten der 1. Stufe mit Hilfe von Akustik-Software berechnet. Schallmessungen werden in der vorliegenden Arbeit *nicht* durchgeführt.

2.1.5 Ortsbegehungen mit subjektiven Bewertungen

Ortsbegehungen sind in den Umweltwissenschaften eine verbreitete Methode, um z.B. allgemeine Informationen über ein Untersuchungsgebiet zu sammeln, Umweltfaktoren zu erfassen oder Bestandsaufnahmen durchzuführen[89]. Werden dabei Bewertungen durchgeführt, so sind diese einerseits subjektiv in dem Sinne, dass sie von Subjekten (Menschen) vorgenommen werden, andererseits objektiv, weil sie nach wissenschaftlichen Methoden erfolgen (s.u.). Gleichzeitig besteht jede Bewertung aus einer unvermeidbaren Mischung bewusster und unbewusster Elemente. Seit der von Schafer begründeten **Soundscape-Forschung** (Schafer, 1977, 1988, 1994) werden die als **Soundwalk (Geräuschspaziergang)** bezeichneten systematischen Ortsbegehungen – oft in Kombination mit akustischen oder psychoakustischen Messungen – auch zur Lärmkartierung benutzt. Dazu bewegen sich

[88] Zur Wortwahl von „laut" und „ruhig", siehe Fußnote 59, S. 74.
[89] Beispiele: Faunistisch-floristische oder bodenkundliche Kartierungen oder Gewässerstrukturgütekartierungen.

Menschen durch das Untersuchungsgebiet, nehmen die dort vorhandenen Geräusche wahr („hören“) und bewerten sie[90]. Die Bewertungen erfolgen z.B. mit Hilfe strukturierter Fragebögen, offener oder halboffener Interviews. Insgesamt wird auf das reichhaltige **Methodenspektrum der Sozialwissenschaften und Psychologie** zurückgegriffen (Bortz & Döring, 2003; Flick, von Kardorff & Steinke, 2005; Lamnek, 2005; Kromney, 2006). Bei den Bewertern kann es sich sowohl um Experten als auch um Laien handeln (s.a. S. 96). Weil die Geräusche über beide Ohren wahrgenommen werden, liegt den Beurteilungen automatisch ein gehörgerechtes „Messgerät“ zu Grunde. Das liefert zwar keine „objektiven“ Pegelwerte, sondern subjektive Werturteile, allerdings ermittelt nach objektiven wissenschaftlichen Methoden (s.o.). Zwar entfallen die Gerätekosten, doch es bleiben ähnliche Probleme wie bei den Schallmessungen (s.o.).
Auch die Lärmkarten entstehen ganz analog: Der Messort mit seinem Messwert (Bewertung, Werturteil) wird in eine Karte übertragen („georeferenziert“), ggf. wird interpoliert.
Während Akustik-Software nur jene Geräusche kartiert, die vorher in die Modelle „hineingesteckt“ wurden, und Schallpegelmesser bereits darüber hinausgehend lückenlos alle Geräusche erfassen, erweitern subjektive Bewertungen den Erfassungshorizont nochmals: Da akustische Wahrnehmung im Alltag (Gegensatz: Labor) nie vollständig isoliert stattfindet, nimmt der bewertende Mensch parallel zu den Geräuschen immer auch nichtakustische Reize (Gerüche, optische Erscheinungen usw.) wahr. Alle **Umweltreize** zusammen werden auf komplexe Art und Weise kognitiv verarbeitet und treten dabei zusätzlich noch mit **situativen und personalen Faktoren** in gegenseitige Wechselwirkung. Durch diese Faktoren werden Hörempfindungen **moderiert,** d.h. – je nach Umwelt und Individuum – überhaupt erst ausgelöst, verstärkt, geschwächt oder gelöscht. Mit diesem Vorteil ist allerdings auch der Nachteil verbunden, dass das über alle bekannten und unbekannten Faktoren integrierte Werturteil wieder auf die einzelnen Faktoren zurückgeführt werden muss, um deren individuellen Einfluss bestimmen zu können. Dies ist zwar rein prinzipiell möglich – analog zum Herausfiltern einer Lärmart aus Schallmessungen –, aber mindestens genauso schwierig.
Mit Hilfe von Ortsbegehungen (ohne oder mit Bewertungen) lassen sich außerdem Akustik-Modelle lokal verbessern, indem z.B. lokale (reale) Verkehrsmengen, lokale (reale) Hindernishöhen usw. kartiert und danach in das Modell „eingebaut“ werden.
Ortsbegehungen mit Bewertungen kommen in dieser Arbeit *nicht* vor. Allerdings nutzt der Autor vorhandene Ortskenntnisse (aus zurückliegenden Ortsbegehungen), um die hier erstellten Akustik-Modelle mit der Realität abzugleichen und zu überprüfen.

2.1.6 Befragung von Besuchern und Bewohnern

Die Methode greift das Problem auf, dass für gezielte Ortsbegehungen i. Allg. nur wenige Personen zur Verfügung stehen und dadurch häufig nur Kurzzeit-Messungen in zudem kleinen Gebieten möglich sind. Abhilfe lässt sich schaffen, indem auf jene Menschen zugegangen wird, die sich in vielen Untersuchungsgebieten „natürlicherweise“ aufhalten, etwa weil sie dort wohnen oder (länger) zu Besuch sind. Im Idealfall verteilen sich diese Menschen homogen über das zu untersuchende Gebiet und halten sich dort dauerhaft auf. Dann liegen die Urteile flächendeckend vor und besitzen den Charakter von Dauermessungen. Typisch sind z.B. Befragungen zur Lärmbelästigung der letzten 12 Monate in

[90] Neben den reinen Hörwahrnehmungen können auch andere Sinneswahrnehmungen (Gerüche, Landschaftsbild usw.) oder der Gesamteindruck bewertet werden.

der Wohnung (s. Tab. 10, S. 89) oder von Besuchern öffentlicher Grünanlagen oder Nationalparks (S. 100). Sie kommen dem geschilderten Ideal allerdings nur bedingt nahe. Die Befragungen können telefonisch, schriftlich oder durch direkte Ansprache, z.B. am Eingang eines Nationalparks, erfolgen. Je nach Befragungsdesign lassen sich die Antworten nicht nur als eigenständige Ergebnisse nutzen (s. Tab. 10, S. 89), sondern auch zur Aufstellung von **Dosis-Wirkungs-Funktionen** verwenden (S. 290). Dazu muss allerdings zusätzlich für jeden Ort mit einer Bewertung (= Wirkung) auch der Pegel (= Dosis) bestimmt, d.h. gemessen oder berechnet, werden.
Diese Methode kommt in der Arbeit *nicht* selbst zum Einsatz. Es werden aber die von der EU empfohlenen Dosis-Wirkungs-Funktionen verwendet, um den Gesamtlärm zu berechnen (s. Kap. 7.2.2, S. 289).

2.2 Praxis der Lärmkartierung

2.2.1 Umsetzung der END in Deutschland

Die END überlässt es den Mitgliedstaaten, ob sie die Lärmkarten anhand von gemessenen[91] oder berechneten Pegeln erstellen. Für die Berechnungen enthält sie „empfohlene vorläufige Berechnungsmethoden" (Anhang II Nr. 2.2 END). Bestehende einzelstaatliche Methoden dürfen weiterverwendet werden, wenn sie den Anforderungen der END genügen oder wenn man sie nachträglich an diese anpasst (Art. 6 Abs. 2 und Anhang II END).
Die Bundesrepublik Deutschland hat sich wie folgt entschieden:

- Die Lärmkarten der END sind zu berechnen (Akustik-Software)
- Die nationalen Berechnungsmethoden werden dazu END-konform[92] abgeändert:
  - VBUS, VBUSch, VBUF, VBUI und VBEB (s.u.) – nur für END-Kartierungen
- Die nationalen Berechnungsmethoden bleiben für Zulassungsverfahren gültig:
  - RLS-90, Schall 03, AzB & AzD, TA Lärm – für alle übrigen Kartierungen

Für die Lärmkartierungen nach END sind hierzulande gesetzlich vorgeschrieben:

- VBUS – Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen[93]
- VBUSch – Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen[93]
- VBUF – Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen[93]
- VBUI – Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm durch Industrie und Gewerbe[93]
- VBEB – Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm[94]

Nach VBUS & Co wurde 2007 und wird 2012 kartiert – auch alle Kartierungen und Ergebnisse der vorliegenden Arbeit beruhen darauf.[95]

---

[91] Anhang II der END, wo aber auch klargestellt wird, dass für Prognosen nur Berechnungen in Frage kommen.
[92] Ein Prüfbericht (JRC, 2008), der im Auftrag der EU-Kommission erstellt wurde, kommt zu dem Urteil, dass 4 der 5 deutschen Methoden (VBUS, VBUSch, VBUI und VBUF) *nicht* EU-konform sind. Danach fällt Deutschland als einziger Mitgliedstaat in allen 4 Methoden durch.
[93] Bekanntmachung der Vorläufigen Berechnungsverfahren für den Umgebungslärm nach § 5 Abs. 1 der Verordnung über die Lärmkartierung (34. BImSchV) vom 22. Mai 2006. Bundesanzeiger Nr. 154a vom 17. August 2006.
[94] Bekanntmachung der Vorläufigen Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB) vom 9. Februar 2007. Bundesanzeiger Nr. 75 vom 20. Februar 2007.
[95] Für die vorliegende Arbeit gilt:

- VBUI: spielt keine Rolle
- VBEB: hauptsächlich an 2 Stellen werden Ergebnisse von VBEB-Berechnungen zitiert:
  - im Anhang, S. 370: Lärmbelastungen für alle 430 hessischen Gemeinden inkl. FAS-Pegel nach VBEB
  - in Tab. 69, S. 281: Lärm- und Ruhebilanz für das Bundesland Hessen inkl. FAS-Pegel und Belastete nach VBEB
- RLS-90: wird an einer Stelle mit VBUS verglichen: s. Abb. 30, S. 194

2.2.2 Zulassungsverfahren

In Deutschland wird im Rahmen von Zulassungsverfahren (Genehmigungs-, Planfeststellungsverfahren etc.) geprüft, ob die von Anlagen oder Verkehrswegen verursachten Lärmimmissionen unter den Immissionswerten der jeweiligen Rechtsnormen liegen (s.a. S. 351: Tab. 88). Dafür sind folgende Berechnungsmethoden gesetzlich vorgeschrieben:

- RLS-90[96] – für Straßenlärm
- Schall 03[97] – für Schienenlärm
- AzB[98] und AzD[98] – für Fluglärm
- TA Lärm[99] – für Industrie- und Gewerbelärm

Nach RLS-90 und Schall 03 wurden und werden außerdem berechnet:

- ca. 350-700[100] Lärmminderungspläne nach § 47a-alt BImSchG
- zahlreiche schalltechnische Gutachten im Rahmen der Bauleitplanung

Weil die nationalen Vorschriften für Zulassungsverfahren durch die END *nicht* ersetzt wurden (s.o.), existieren nun „**2 parallele Lärmkartierungswelten**". Das führt immer wieder zu großen Missverständnissen und erheblichem Mehraufwand: z.B. akzeptieren viele Straßenverkehrsbehörden die Lärmkarten der END nicht, was regelmäßig eine zweite Kartierung nach RLS-90 erforderlich macht (HMWVL, 2011, andere Ansicht: BW, 2011).

Alle Lärmkartierungen (END und nationale Zulassungsverfahren) werden mit **Akustik-Software** durchgeführt, die daher als *die* **Standardmethode** anzusehen ist.

2.2.3 Anlagenüberwachung und Forschung

Schallmessungen werden häufig von staatlichen und kommunalen Aufsichtsbehörden im Rahmen der **Überwachung** genehmigungs- und nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen nach BImSchG durchgeführt. Die Messverfahren sind z.B. in der TA Lärm oder anderen Verwaltungsvorschriften vorgegeben. Danach ist der jeweils gültige Immissionswert mit dem Beurteilungspegel zu vergleichen. Letzterer ergibt sich, indem man den Messwert (L_{Aeq}-Pegel) um vorgegebene Zuschläge korrigiert, die wiederum bestimmte psychoakustische Eigenschaften der Geräusche, wie z.B. Ton-, Impuls- und Informationshaltigkeit, pauschal berücksichtigen.

Im Bereich der **Forschung** werden alle Kartierungsmethoden angewandt: GIS, Lärmkorridore, Akustik-Software, akustische, psychoakustische und sozialwissenschaftlich-psychologische Messungen (Ortsbegehungen, Befragungen usw.).

2.2.4 EU und andere Staaten

In vielen **anderen Staaten** ist Akustik-Software ebenfalls die Standardmethode zur Lärmkartierung, allerdings unterscheiden sich die implementierten Berechnungsverfahren z.T.

---

[96] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - Ausgabe 1990 - RLS-90, bekanntgemacht im Verkehrsblatt, Amtsblatt des Bundesministers für Verkehr der Bundesrepublik Deutschland (VkBl.) Nr. 7 vom 14. April 1990 unter lfd. Nr. 79. (16. BImSchV, Anlage 1).

[97] Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen - Ausgabe 1990 - Schall 03, bekanntgemacht im Amtsblatt der Deutschen Bundesbahn Nr. 14 vom 4. April 1990 unter lfd. Nr. 133. (16. BImSchV, Anlage 2).

[98] Bekanntmachung der Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD) und der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) vom 19. November 2008. Bundesanzeiger (BAnz) Nr. 195a vom 23. Dezember 2008.

[99] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998. Gemeinsames Ministerialblatt (GMBl) Nr. 26/1998, S. 503.

[100] 350 laut UBA (2011b), 700 laut Lärmkontor (2006).

Der Gesetzentwurf zur Umsetzung der END (Drucksache 15/3782, 2004) enthielt noch 2 Arten von Lärmkartierungen:

a) **strategische** Lärmkartierungen nach END
b) **örtliche** Lärmkartierungen i.S. von § 47a-alt BImSchG, welche aber im Rechtsetzungsverfahren ersatzlos entfielen.

erheblich. Das betrifft alle Ebenen: den Detaillierungsgrad der Emissionsdaten, die Ausbreitungsbedingungen und die zu berechnenden Pegel. Auf EU-Ebene sind in den Projekten HARMONOISE[101] und IMAGINE[102] neue Berechnungsverfahren entwickelt worden. Seit Ende 2009 diskutiert eine von der EU-Kommission berufene Expertengruppe, wie das künftige harmonisierte Berechnungsverfahren CNOSSOS aussehen soll. Es wird voraussichtlich ab der 3. Stufe 2017 verbindlich sein (EU, 2010; JRC, 2010).
Für die 2. Stufe der END 2012 sind in Deutschland erneut VBUS & Co anzuwenden.

2.3 Wirkung von Lärm und Ruhe

Lärm und Ruhe wirken auf Menschen (und Tiere) nicht nur direkt, sondern auch indirekt, z.B. über soziale und ökonomische Effekte. Der anschließende Überblick soll vor allem verdeutlichen, welche *Lärm*wirkungen nicht oder nicht in dem Maße auftreten, wenn *Ruhe* herrscht.

2.3.1 Menschen

Lärm ist hörbarer Schall, der

- Störungen, Beeinträchtigungen oder Gesundheitsschäden verursacht[103]

In welcher Stärke diese Wirkungen auftreten, hängt nicht nur von der „Schalldosis", sondern von weiteren Eigenschaften des Schalls und vielen anderen Faktoren ab (S. 84).
Zur Lärmwirkungsforschung existieren weltweit zahlreiche Studien, die z.T. jedoch unterschiedlich interpretiert und bewertet werden. Welche Wirkungen sich durch welche Mess- oder Rechengrößen (Pegel) am besten beschreiben lassen, welche Pegelwerte sie auslösen und welche Bedeutung ihnen zukommt, ist im Detail ebenfalls strittig.
Extrem hohe Pegel (Knalle, Explosionen) können unweigerlich zu sofortigen Gesundheitsschäden in Form von irreversiblen Hörverlusten führen (**aurale** Lärmwirkungen) – mögen alle anderen Faktoren noch so wohltuend sein. Je weiter die Pegel sinken, desto geringer wird die alleinige Bedeutung der akustischen Eigenschaften des Geräusches (oben: Schalldruckpegel) und desto mehr gewinnen die psychoakustischen und nichtakustischen Faktoren an Bedeutung. Im typischen Pegelbereich des Umgebungslärms treten nur **extraaurale Lärmwirkungen** auf, welche nicht mehr direkt das Gehör schädigen, sondern z.B. zu Verhaltensänderungen führen, das körperliche oder seelische Wohlbefinden beeinträchtigen oder langfristig krank machen (Kloepfer et al., 2006). **Primärreaktionen** setzen unmittelbar nach dem Auftreten des Lärms ein. Die Kommunikation kann gestört werden, weil der Lärm als Störschall Teile des vom Sprecher ausgehenden Informationsschalls verdeckt und dadurch die Sprachverständlichkeit herabsetzt. Da das Gehör nie schläft, kann Lärm akute Schlafstörungen verursachen, also z.B. das Einschlafen verzögern, die Schlafqualität vermindern oder zum direkten Aufwachen führen. Auch unmittelbare physiologische Reaktionen können provoziert werden, wie z.B. die Ausschüttung von Stresshormonen. **Sekundärreaktionen** treten mehr oder minder zeitlich versetzt und manchmal auch erst nach einer wiederholten oder länger andauernden Lärmexposition auf. Hierzu zählen die subjektiv berichteten Lärmbelästigungen, die auch in dieser Arbeit eine Rolle spielen (Tab. 10, S. 89 und Kap. 7.2.2, S. 289), aber z.B. auch die

[101] www.harmonoise.org. Die Seite ist seit etwa Anfang 2012 nicht mehr aufrufbar.
[102] www.imagine-project.org. Die Seite ist seit etwa Anfang 2012 nicht mehr aufrufbar.
[103] Frei übersetzt nach EPoN (2010, p. 5): „... noise is audible sound that causes disturbance, impairment or health damage." Die Definition ist allgemeiner als die üblicherweise verwendete Kurzfassung: Lärm = unerwünschter Schall. Siehe auch: Guski (1987), SRU (1999), Kloepfer et al. (2006) und Babisch (2011).

subjektive Schlafqualität, Leistungsminderungen, Erschöpfung und Gereiztheit. **Tertiärreaktionen** entstehen, wenn chronische Lärmexpositionen – also langandauernde oder wiederholte Primär- und Sekundärreaktionen – langfristig zu Gesundheitsschäden führen. Hier fungiert Lärm als unspezifischer Stressor, der zusammen mit anderen Faktoren einwirkt und z.B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen hervorruft.

Zum Schutz der Bevölkerung vor schädlichen[104] Lärmwirkungen schlägt das Umweltbundesamt folgende Ziele bzw. **Zielwerte**[105] vor (UBA, 2006a; s.a. S. 351: Tab. 88, Nr. 5-8):

- L_{DEN} ≤ 55 dB(A)
- L_N ≤ 45 dB(A)

Das Ausmaß des Handlungsbedarfs ergibt sich aus der Anzahl oder dem Anteil an Menschen, deren **tatsächliche Belastungen** über den Zielwerten (55/45) liegen (Tab. 9)[106].

Tab. 9: Straßenlärm: Menschen mit Lärmbelastungen L_{DEN} > 55 dB(A) = Zielwert.
Grundlagen: Abschätzungen (Nr. 1-4) sowie Akustik-Modelle mit *DTV-Schwellen (Nr. 4, 6-8) und* ohne *DTV-Schwellen (Nr. 5). Anmerkung: Nr. 5-8 sind nach VBEB und damit END-konform berechnet.*

		Lärmbelastungen L_{DEN} > 55 dB(A)		
Nr.	**Gebiet, Teilbereich**	**Anzahl Menschen**	**Anteil bzgl. Gesamtbevölkerung[107]**	**Literatur**
1	Welt, urban agglomeration	2.000 Mio.	29 % (61 %)	de Vos (2009)[108], eurostat (2009)[109]
2	EU-27, urban environment	125 Mio.	25 % (34 %)	de Vos (2009)[108], eurostat (2009)[110]
3	EU-15, Gesamtverkehr	190 Mio.	51 %	EU (1996)[111], eurostat (2007)[112]
4	Deutschland	40 Mio.	49 %	UBA (2000)[113]
5	Hessen	3,0-3,3 Mio.	50-55 %	Jäschke (2011a)[114]
amtliche Lärmkartierungen nach END, 1. Stufe 2007, 1:1-Umsetzung				
6	EU-27	89,8 Mio.	18 %	EU (2009a)[115]
7	Deutschland	6,7 Mio.	8 %	UBA (2011a)[116]
8	Hessen	0,6 Mio.	10 %	ACCON (2007)

[104] Gemeint sind **belästigende** oder **gesundheitsgefährdende** Lärmpegel (UBA, 2006a).

[105] Im Sinne von **Standards** oder **Umweltqualitätszielen**, die angesichts der hohen aktuellen Belastungen nur langfristig (~Dekaden) und nur mit großen Anstrengungen erreichbar sind. Die Werte sollen in Gebieten mit *Wohnnutzung* für *jede* Lärmart getrennt und für den *Gesamtlärm* eingehalten werden.

[106] Zusätzlich ist das Ausmaß der Zielwertüberschreitung (= tatsächliche Belastung - Zielwert) zu berücksichtigen.

[107] Bei Nr. 1 und 2 gilt: Prozentangaben in Klammer = Anteil bzgl. urban agglomeration bzw. urban environment.

[108] Keine genaue Definition von urban agglomeration und urban road traffic, aber folgende Annahmen: a) 50 % der Weltbevölkerung leben in urban agglomeration und b) 75 % der EU-27-Bevölkerung leben in urban environment. In der END wird „Ballungsraum" (= „agglomeration") *nicht* gemeindebezogen definiert. Ein solches Verständnis liegt auch den Angaben von de Vos zu Grunde, da ansonsten die hohen Prozentzahlen (50 bzw. 75 %) nicht erklärbar sind. Denn nach Brinkhoff (2010) wohnen in den EU-27-Städten mit mehr als 100.000 Einwohnern nur 28,5 % der EU-27-Bevölkerung. Anmerkung: Die Anteile der Tabelle (29 % bzw. 25 %) beziehen sich auf die Gesamtbevölkerung der Welt und EU-27. In den urban agglomerations und im urban environment selbst betragen die Anteile 61 % bzw. 34 % (in Klammern gesetzt).

[109] Weltbevölkerung in 2005: 6.515 Mio. = 6,515 Mrd.

[110] Bevölkerung der EU-27 in 2005: 495,1 Mio.

[111] Basierend auf L_{Aeq} gilt: 20 Mio. Menschen sind 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt, 170 Mio. 55-65 dB(A).

[112] Bevölkerung der EU-15 in 1996: 371,1 Mio.

[113] Stand: 1999. Aktuellere Daten des UBA, die auf Akustik-Modellen beruhen, sind nicht bekannt. Ergebnisse aus Befragungen enthält Tab. 10. Die hier verwendeten UBA-Daten stammen aus einer Erhebung von 1999, beziehen sich auf die alten Bundesländer und gelten für die Systematik der RLS-90 (Pegel $L_{Aeq,\ 16h\text{-}Tag}$ und Rechenverfahren). Für den hier verfolgten Zweck der Abschätzung werden diese Diskrepanzen vernachlässigt und es erfolgt eine direkte Gleichsetzung mit dem END-Pegel L_{DEN}. Mit 2 plausiblen Annahmen – a) typischer Weise $L_N = L_D$ - 10 dB und b) der 16h-Pegel $L_{Aeq,\ 16h\text{-}Tag}$ ist während D und E konstant, d.h. $L_D = L_E = L_{Aeq,\ 16h\text{-}Tag}$ – folgt: $L_{DEN} = L_{Aeq,\ 16h\text{-}Tag}$ + 1,3 dB, also in guter *Näherung* tatsächlich $L_{DEN} = L_{Aeq,\ 16h\text{-}Tag}$, s. Glch. (2.3), S. 108. Damit ist es gerechtfertigt, die numerischen Werte ohne große Fehler direkt zu übertragen.

[114] Grundlage ist das in dieser Arbeit erstellte Modell HEplus mit allen Straßen, d.h. DTV0, s. Kap. 6, S. 211. Der Wertebereich „50-55 %" kommt zustande, indem DTV0 einmal mit dem pauschalen DTV-Wert Qxx = Q25 und ein zweites Mal mit Qxx = Q90 berechnet wird (Definition von Qxx: s.S. 149).

[115] Stand: 30.06.2010. Es fehlen: Malta und Griechenland.

[116] Stand: 31.12.2010. Bevölkerung in Deutschland zum 31.12.2010 (DESTATIS, 2011): 81,8 Mio.

Die Anteile in Nr. 3-5 stimmen gut überein, weichen aber deutlich von den amtlichen Zahlen in Nr. 6-8 ab. Am zuverlässigsten dürften die Anteile in Nr. 4 und 5 sein, weil sie auf Akustik-Modellen beruhen, die *alle* Lärmquellen berücksichtigen. Demnach gilt für die Lärm*belastung* durch Straßenlärm in Deutschland:

- **50-55 %** der Bevölkerung sind durch inakzeptable L_{DEN} > 55 dB(A) ***belastet***
- **8-18 %** sind es nach den **amtlichen** 1:1-Kartierungen der **1. Stufe**
- ⇨ 1:1-Umsetzungen der **END *unter*schätzen** die Belasteten um das **3-7-fache**[117]
- ⇨ Lärm wird von Politik, Verwaltung und Gesellschaft **fehlgewichtet**

Ergänzend zu Tab. 9 liefert Tab. 10 die durch Befragungen ermittelte Lärm*belästigung*.

Tab. 10: Lärmbelästigung in Hessen 2006 und in Deutschland 2008.

Subjektiv berichtete Lärmbelästigung auf die Frage (hier: Beispiel Straßenverkehr): „Wenn Sie einmal an die letzten 12 Monate hier bei Ihnen denken: Wie stark haben Sie sich durch den Lärm von Straßenverkehr gestört oder belästigt gefühlt?" (ZEUS, 2006, S. 30). *Datengrundlage: Repräsentative Telefonbefragungen, Antworten gemäß 5-stufiger ICBEN-Skala. Literatur: ZEUS (2006) für He und UBA (2008) für D.*

Legende: grün = Lärmarten, die nach den Mindestanforderungen der END zu kartieren sind, fett = die in dieser Arbeit kartierten Lärmarten, He = Hessen, D = Deutschland, Ø = Maß für die von der Lärmart ausgehende Gesamtbelästigung = Mittelwert der ICBEN-Antworten (ICBEN-Skala 1 bis 5). Die Lärmarten sind nach absteigenden Ø-Werten sortiert, d.h. nach abnehmender Belästigungswirkung. „-" = nicht erfragt.

		ICBEN-Skala	**5**		**4**		**3**		**2**		**1**	
	Ø	**Lärm-Belästigung**	**äußerst**		**stark**		**mittelmäßig**		**etwas**		**überhaupt nicht**	
Nr.	He	Lärmquelle	He	D	He	D	He	D	He	D	He	D
			Anteil der Bevölkerung									
1	**1,86**	**Straßenverkehr**	**4,5 %**	**3,5 %**	**6,5 %**	**8,1 %**	**14,7 %**	**18,1 %**	**19,3 %**	**29,1 %**	**55,0 %**	**41,2 %**
2	**1,76**	**Flugverkehr**	**5,1 %**	**1,9 %**	**5,7 %**	**4,2 %**	**10,5 %**	**7,5 %**	**17,6 %**	**16,8 %**	**61,0 %**	**69,6 %**
3	1,54	Baustellen	0,3 %	-	0,8 %	-	2,6 %	-	5,4 %	-	90,2 %	-
4	1,53	Nachbarn	2,4 %	1,4 %	3,3 %	3,9 %	8,7 %	10,8 %	16,0 %	26,2 %	69,2 %	57,6 %
5	**1,31**	**Schienenverkehr**	**1,0 %**	**0,5 %**	**2,1 %**	**2,7 %**	**5,5 %**	**8,0 %**	**9,5 %**	**12,4 %**	**81,7 %**	**76,4 %**
6	1,18	Industrie/Gewerbe	0,9 %	0,7 %	1,2 %	2,9 %	2,4 %	8,0 %	6,0 %	20,1 %	89,2 %	68,2 %
7	1,14	Sport-/Freizeitanlagen	2,9 %	-	3,0 %	-	9,5 %	-	13,9 %	-	70,1 %	-
-	**1,97**	**Gesamtlärm**	**3,3 %**	**-**	**5,7 %**	**-**	**18,3 %**	**-**	**29,2 %**	**-**	**42,5 %**	**-**

Somit fühlen sich von Straßenverkehrslärm (Nr. 1) ***belästigt*** (= ICBEN-Skalen 5 bis 2):

- **45,0 %** in Hessen 2006
- **58,8 %** in Deutschland 2008
- **55 %** in Deutschland 2010 nach einer aktuellen Umfrage (BMU & UBA, 2010)
- ⇨ gute Übereinstimmung mit den 50-55 % der Akustik-Modelle (s.o.)

Nach den methodisch unabhängig gewonnenen Ergebnissen beider Tabellen ist zumindest **in Deutschland** etwa **jeder zweite Mensch** Lärmpegeln ausgesetzt, die nach dem heutigen Kenntnisstand der Lärmwirkungsforschung entweder das Wohlbefinden (stark) beeinträchtigen oder langfristig sogar zu Gesundheitsschäden führen können – und das *allein* durch *Straßen*verkehr[118]. Lärmbekämpfung sollte daher eine dringliche und wichtige

[117] Die Vielfache ergeben sich aus Tab. 9 und gelten für die 1. Stufe. Laut Tab. 65 (S. 268) steigt in **Hessen** der „amtlich" ermittelte Anteil der durch L_{DEN} > 55 dB(A) belasteten Menschen von der 1. zur 2. Stufe von 10,5 auf 17,6 %. ABER: Die tatsächlich Belasteten (54,4 %) werden trotzdem immer noch um das **3-fache** *unter*schätzt – und das **dauerhaft**, weil ab der 2. Stufe die Mindestanforderungen unverändert bleiben – s.a. Fußnote 490, S. 268.

[118] Belastete Menschen in Hessen, L_{DEN} > 55 dB(A): durch STR 50-55 % ⇔ 62,5 % durch Gesamtlärm (GES), s. Tab. 69, S. 281.

Aufgabe sein, zumal die hohen Lärmbelastungen seit Jahrzehnten einwirken und in der Kritik stehen (SRU, 1987, 1999, 2008).

2.3.2 Tiere

Tiere nutzen Schallsignale aktiv und passiv, um beispielsweise Nahrung oder Paarungspartner zu finden, ihr Revier zu verteidigen, durch Rufe vor Fressfeinden zu warnen oder vor ihnen gewarnt zu werden, zur Ortung und Orientierung oder zur allgemeinen Kommunikation. Wie beim Menschen, so kann Lärm auch bei Tieren Stress erzeugen, die Kommunikation behindern und die Wahrnehmung der akustischen Umwelt stören. Einzelheiten sind vielfach noch nicht erforscht, der Kenntnisstand hängt stark von der Lärm- und Tierart ab (Holzgang et al., 2000; Reck, 2001; Garniel et al., 2007). Statt allgemein akzeptierter Standards oder Rechtsnormen existieren lediglich verwaltungsinterne Orientierungshilfen, vor allem zur **Avifauna (Vögel)**, siehe z.B. EBA (2004) und BMVBS (2009).
Bei **Walen, Delphinen** und anderen Meerestieren kann Unterwasserschall zu akuten Gehörschäden oder zum Tod führen (Greenpeace, 2003; UBA, 2006b; EU, 2009b; BMU, 2009a; Brensing, 2009, 2010; IONC, 2010). Als Lärmquellen kommen in Betracht: Bohrinseln, seismische Erkundungen, Offshore-Windfarmen, Schiffe und Sonar.
Lärmwirkungen auf Tiere – und erst recht auf Meerestiere – sind **nicht Gegenstand der END** (Art. 2 Abs. 1 END). Folglich sind Lärmkarten und -aktionspläne nicht zu erstellen, wenn Lärm *ausschließlich* auf Tiere einwirkt (Hansmann, 2005a; Blaschke, 2011). Das gilt auch für die deutsche Umsetzung der END, d.h. die §§ 47a-f BImSchG sind nur für Lärm auf Menschen anzuwenden, obwohl das BImSchG ansonsten auch Tiere grundsätzlich schützt (§ 1 Abs. 1 Satz 1 BImSchG).

2.3.3 Soziale und ökonomische Folgen

In Gebieten mit hohen Lärmbelastungen können Mieteinnahmen sinken und Immobilien an Wert verlieren. Während jene, die den Lärm nicht mehr akzeptieren wollen und es sich leisten können, wegziehen, wird der billige Wohnraum für andere attraktiv oder muss aus finanziellen Gründen wohl oder übel akzeptiert werden. Umfassender Lärmschutz schafft daher nicht nur gesunde Wohn- und Lebensverhältnisse für alle, sondern leistet auch einen wichtigen Beitrag zur **sozialen Gerechtigkeit (Fairness).** Außerdem verhindert er destabilisierend wirkende Ab- und Zuwanderungsprozesse, die zu sozialer Segregation und Ghettobildung führen können. Während sich die zuletzt genannten Effekte nur schwer monetarisieren lassen, gibt es schon seit längerem Abschätzungen über die **lärmbedingten externen Kosten** durch Mietzinsausfälle, Immobilienwertverluste, Gesundheitsschäden, verlorene Lebensjahre usw. (Schmedding & Schaffer, 2005; Giering, 2009).

Beispiele für volkswirtschaftlich orientierte Gesamtkosten enthält Tab. 11.

Tab. 11: Externe Kosten durch Lärm.

Nr.	Gebiet	Anteil am BIP	BIP[119] in €	Lärmkosten in €	Anteil Straße	Literatur
1	EU-27	0,20-2 %	12.360 Mrd.	24,7-247,2 Mrd.	k.A.	EU (1996)
2	Deutschland	0,60 %	2.428 Mrd.	14,6 Mrd.	55 %	Schmid (2005)
3	Deutschland	0,36 %		8,7 Mrd.	100 %	Giering (2009)
4	Schweiz	0,25 %	317 Mrd.	0,8 Mrd.	87 %	ARE, BAG & BUWAL (2004)

Neben den Gesamtkosten finden sich auch Angaben zu spezifischen Teilkosten pro 1-dB-Änderung, nach Brüning & Heidebrunn (2008) z.B.:

- 0,5-1,5 % Immobilien-Wertverlust pro 1-dB-Zunahme
- 0,9 % Mietverlust pro Jahr pro 1-dB-Zunahme[120]
- 25 € Zahlungsbereitschaft pro Haushalt pro Jahr pro 1-dB-Abnahme

Sowohl die Gesamt- als auch Teilkosten verschiedener Studien weichen i. Allg. stark voneinander ab (s. Tab. 11) und beziehen sich überdies auf unterschiedliche Berechnungsmethoden, Pegelgrößen und Pegelschwellen. Die obigen Teilkosten gelten nur für L_{DEN} oder $L_{Aeq,\,16h\text{-}Tag} > 45$ dB(A) (s.a. ARE, BAG & BUWAL, 2004; Giering, 2009):

- $L_{DEN} \leq 45$ dB(A) soll zu keinen Kosteneffekten mehr führen[121]

Einfache lärmbedingte Kosten-Nutzen-Analysen sind Bestandteil der Bundesverkehrswegeplanung (BMVBW, 2003). Sie gehören auch zum Pflichtprogramm der Lärmaktionspläne (Anhang V END), wurden aber in der 1. Stufe nur selten durchgeführt (Brüning & Heidebrunn, 2008). Festzuhalten bleibt:

- **Lärmbekämpfung und Ruheschutz sind gewinnbringend und lohnen sich**
    - gesundheitlich für jeden einzelnen Menschen (und viele Tierarten)
    - ökologisch und ökonomisch für Umwelt und Gesellschaft als Ganzes

Viele Lärmwirkungen treten nicht oder nicht in dem Maße auf, wenn Ruhe herrscht.
Vom Lärm wird im nachstehenden Abschnitt über die Begriffe Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität eine Brücke zur Ruhe geschlagen (Kap. 2.3.5, S. 94).

2.3.4 Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität

Ein ganzheitliches Verständnis von Gesundheit findet sich in der Verfassung der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 1946, p. 2, Hervorhebungen durch den Autor):

- „Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity."[122]

---

[119] Datengrundlage für BIP: eurostat (2010). Anmerkung 1: Einheitliches BIP-Bezugsjahr: 2007 (= END, 1. Stufe), weil es hier lediglich um die Größenordnung der Lärmkosten geht und außerdem ab 2008 das BIP wegen der Finanzkrise i. Allg. untypischer Weise stark abnahm. Anmerkung 2: Lärmkosten = Anteil × BIP. Anmerkung 3: In Nr. 1 beziehen sich die 0,2-2 % auf die 15 Mitgliedstaaten der EU im Jahre 1996 – trotzdem wurde auch hier das BIP der EU-27 aus 2007 verwendet.
BIP = Bruttoinlandsprodukt = „Maß für die Gesamtgröße einer Volkswirtschaft" = „der monetäre Gesamtwert der Produktionstätigkeit sämtlicher produzierender Einheiten in einem bestimmten Gebiet (etwa dem Hoheitsgebiet eines Landes), unabhängig davon, ob die Eigentümer dieser Einheiten Staatsangehörige des betreffenden Landes oder Ausländer sind." (eurostat, 2010, S. 32)

[120] Angaben aus Studien verschiedener Länder liegen zwischen 0,08 und 2,32 %.

[121] Bonacker, Heinrichs & Schwedler (2008).

[122] Deutschsprachige Übersetzungen unterscheiden sich leicht: siehe nachfolgend die Fassung der Schweizer Bundesbehörden (Schweiz, 2009, S. 1, Hervorhebungen durch den Autor) und in Klammern „[…]" eine aus Deutschland (SRU, 1999, S. 12): „Die Gesundheit ist ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen [seelischen] und sozialen Wohlergehens [Wohlbefindens] und nicht nur das Fehlen [des Freiseins] von Krankheit oder Gebrechen."
Die Verfassung der WHO stellt im Anschluss daran fest (zit. nach Schweiz, 2009, S. 1, Hervorhebungen durch den Autor): „Der Besitz des bestmöglichen Gesundheitszustandes bildet eines der Grundrechte jedes menschlichen Wesens, ohne Unterschied der Rasse, der Religion, der politischen Anschauung und der wirtschaftlichen oder sozialen Stellung. Die Gesundheit aller Völker ist eine Grundbedingung für den Weltfrieden und die Sicherheit; sie hängt von der engsten Zusammenarbeit der Einzelnen und der Staaten ab."

Hierdurch werden die traditionellen Vorstellungen von Gesundheit beträchtlich erweitert (Daig & Lehmann, 2007), weil jeder einzelne Mensch in ein Gesundheits-Krankheits-Kontinuum eingeordnet wird, wo sich sein Platz aus dem **Wechselspiel zwischen Belastungen und Ressourcen** ergibt (Claßen, 2008). Versucht die traditionelle Medizin in ihrer **pathogenetischen Betrachtungsweise** jene Risikofaktoren (z.B. Lärm) zu ermitteln, die bei akuter oder andauernder Belastung **krank machen**, fragt die ***Salutogenese*** umgekehrt nach jenen Faktoren (z.B. Ruhe), die den Menschen – trotz der vielen und ständig auf ihn einwirkenden Umweltbelastungen – ***gesund erhalten***:

- „Was macht krank?" wird ergänzt um „Was macht oder hält gesund?"

So wie Risikofaktoren zu bekämpfen sind, so sollten **„Wohlfühl"-Faktoren** geschützt, gefördert oder wiederhergestellt werden – z.B. durch den Schutz Ruhiger Gebiete.
Die Gesundheit eines Menschen hängt von vielen negativen und positiven Faktoren ab, die aus seiner Außen- oder Innenwelt stammen und kombiniert auf ihn einwirken:

- **innere Faktoren (personale Faktoren)**:
    - Sie haben ihren Ursprung *innerhalb* des Menschen und kennzeichnen seinen körperlichen und seelischen Zustand (Innenwelt) zum Zeitpunkt *t*[123]
- **äußere Faktoren (Umweltfaktoren, situative Faktoren)**:
    - Sie haben ihren Ursprung *außerhalb* des Menschen und kennzeichnen den Zustand seiner Außenwelt (Lebens-, Mit- oder Umwelt) zum Zeitpunkt *t*[124]

Die absoluten und relativen Intensitäten sowie die Wechselwirkungen der einzelnen Faktoren bestimmen den Gesundheitszustand eines Menschen zum Zeitpunkt *t*. Im einfachsten Fall erkrankt eine Person dann, wenn ein Belastungsfaktor (z.B. die Anzahl der Kolibakterien pro Liter Trinkwasser) einen spezifischen Schwellenwert überschreitet (SRU, 1999). Lange Zeit standen vor allem die krankmachenden negativen Faktoren im Zentrum wissenschaftlicher, praktischer und politischer Aktivitäten (WHO, 1998). Um ihre Negativwirkungen zu vermeiden oder zu vermindern, wurden in vielen Staaten Arbeits- und Umweltschutzvorschriften erlassen und ein öffentliches Gesundheitswesen („Public Health") etabliert. Bis zu einem gewissen Grad konnte dabei auf ein etabliertes und anerkanntes Instrumentarium der Naturwissenschaften zurückgegriffen werden. Das postulierte häufig eindeutige und monokausale Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge, musste aber in den letzten Jahrzehnten zunehmend revidiert werden, weil sich immer mehr herausstellt, dass z.B. auch gemeinsam auftretende unterschwellige Belastungsfaktoren bereits komplexe Reaktionskaskaden in Gang setzen können und jeder Mensch ständig vielen inneren und äußeren Faktoren gleichzeitig ausgesetzt ist. Im Regelfall ist daher von **multiplen Expositionen** auszugehen, die ihrerseits wiederum multiple Effekte hervorrufen (MEME-Modell, Eikmann & Herr, 2006). Demzufolge sind **multiple Schutzmaßnahmen** gefragt, um das komplexe und vielfach noch unerforschte Mensch-Umwelt-System zu schützen oder zu kurieren.
Um ein vollständiges Bild der Gesundheit im Sinne der WHO-Definition (s.o.) zu erhalten, sind grundsätzlich *alle* Faktoren zu erheben („zu kartieren") und zu analysieren, die zum **Wohlbefinden („well-being")** eines einzelnen oder aller Menschen (**„Public Health"**) beitragen. Abgesehen vom Erhebungsaufwand besteht allerdings das Problem, dass zu zentralen Begriffen wie Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität höchst

[123] Beispiele: Geschlecht, Alter, Körpergröße, Gewicht, Gesundheitszustand, Einstellungen, Aktivitäten, Ziele, Gefühle, Ängste, Erwartungen, Erfahrungen, Wissen u.v.a.m.
[124] Beispiele: Geräusche, Gerüche, Hitze, Regen, Relief, Gebäude, Straßen, Maschinen, Pflanzen, Tiere, Mitmenschen u.v.a.m.

unterschiedliche inhaltliche Vorstellungen existieren. Zudem werden die Begriffe selbst teilweise synonym verwendet, nicht sauber voneinander abgegrenzt und oft durch wiederum vielfältig interpretierbare Hilfswörter umschrieben (Scottish Executive, 2005a). Beispielhaft sei die WHO-Definition von **Lebensqualität („quality of life")** herausgegriffen, deren Grundversion lautet:

- „individuals' perceptions of their position in life in the context of the culture and value systems in which they live and in relation to their goals, expectations, standards and concerns."[125]

Es folgt als Erläuterung:

- „It is a broad ranging concept incorporating in a complex way the persons' physical health, psychological state, level of independence, social relationships, personal beliefs and their relationships to salient features of the environment."[125]

Und anschließend die Warnung:

- „quality of life cannot be equated simply with the terms ‚health status', ‚life style', ‚life satisfaction', ‚mental state' or ‚well-being'."[125]

Demnach ist Lebensqualität das, was jeder Einzelne dafür hält. Somit hängt sie von der subjektiven Wahrnehmung jedes Einzelnen ab. Diese wiederum kann gemessen werden, indem man Personen über ihre Wahrnehmungen befragt.[126] Dazu hat die WHO den WHO-QOL-100-Fragebogen entwickelt[127], der seit dem Jahre 2000 auch in einer deutschen Übersetzung vorliegt. Er enthält in der Vollversion 100 Fragen („items"), die sich folgenden 6 Bereichen des Lebens zuordnen lassen (WHO, 1998): körperliches Wohlbefinden, psychisches Wohlbefinden, Unabhängigkeit, soziale Beziehungen, Umwelt und Spiritualität/Religion. Die Befragten werden gebeten, auf einer Skala von 1 bis 5 („sehr schlecht" bis „sehr gut") anzukreuzen, wie sehr die Frage für sie persönlich zutrifft. Die Fragen wurden nach ausführlichen Studien in 12 Ländern und aufgrund von Diskussionen mit Patienten sowie der Allgemeinbevölkerung dahingehend ausgewählt, dass sie auch tatsächlich jene Faktoren abfragen, die zur Lebensqualität beitragen.[128]

In einer der WHOQOL-Fragen geht es direkt um Lärm:

- **„Wie stark sind Sie von Lärm betroffen?"**[129]

Andere Fragen weisen indirekte Verbindungen zu Lärm und Ruhe auf:

- „Wie zufrieden sind Sie mit den Umweltbedingungen (Verschmutzung, Klima, Lärm, Attraktivität etc.)?"
- „Wie gut ist es Ihnen möglich, zu entspannen und Spaß zu haben?"
- „Wie gut schlafen Sie?"

Bei den 3 letzten Fragen darf vermutet werden, dass die Antworten i. Allg. *auch* von der wahrgenommenen Lärm- und Ruhesituation abhängen.

Aufgrund des WHOQOL-100 gilt:

- **Lärm und Ruhe tragen zu Wohlbefinden und allgemeiner Lebensqualität bei** – wenn auch nur als wenige von 100 Faktoren.

Die nächsten Abschnitte behandeln das Thema Ruhe eingehender.

---

[125] WHO (1998, p. 11, Hervorhebungen durch den Autor).

[126] Analog zu den Befragungen zur subjektiv wahrgenommenen Lärmbelästigung (Tab. 10, S. 89).

[127] QOL = Quality of Life". Es existieren zahlreiche weitere Fragebögen, was angesichts der divergierenden Definitionen und Umschreibungen von Lebensqualität nicht weiter verwundert. Schumacher, Klaiberg & Brähler (2003) listen allein für den deutschsprachigen Raum 71 diagnostische Verfahren zu Lebensqualität und Wohlbefinden auf.

[128] D.h. der Fragebogen besitzt eine hohe Konstruktvalidität (Lamnek, 2005).

[129] Eigene „freie" Übersetzung der englischen Fragen aus WHO (1998).

2.3.5 Ruhe und Ruhige Gebiete

Nachfolgend kann nur ein kurzer Einblick in den aktuellen Stand der Forschung gegeben werden, weil in zahlreichen sehr unterschiedlichen Fachdisziplinen (Akustik, Raum-, Stadt-, Landschafts- und Umweltplanung, Psychologie und Rechtswissenschaften) weltweit Aktivitäten stattfinden und die Ergebnisse teilweise nur schwer zugänglich sind. Sie zu sichten und zu bewerten, bleibt daher einer eigenständigen Arbeit vorbehalten.
Das Thema Ruhe und Ruhige Gebiete wurde in Deutschland durch die END vom Lärmschutz wiederentdeckt (s.u.), oft allerdings ohne praktische Konsequenzen. Neben der klassischen Verbindung zur Gesundheit werden zunehmend **Schnittmengen** mit und zwischen den Bereichen Natur, Landschaft, Freizeit, Tourismus, Erholung usw. gefunden (Claßen, 2008; TMA, 2008; Hunziker & Bauer, 2009; BMU, 2009b).[130]

Hessen

Bei der Durchführung der END ist immer wieder zu hören, Ruhige Gebiete seien ein so neues Aufgabengebiet, darüber lägen weder verlässliche Kenntnisse noch praktische Erfahrungen vor. Das stimmt so aber nicht, denn bereits vor **rund 100 Jahren**[131] forderte der Gießener Psychiater Sommer (1913)[132]**:**

- der „Übermüdung als Quelle von Nerven- und Geisteskrankheiten" vorzubeugen
- eine „soziale Organisation des Ausruhens" zu etablieren
- „öffentliche Ruhehallen ... in ruhigen Seitenvierteln der belebten Stadtteile, womöglich, falls öffentliche Plätze ohne zuviel Straßenlärm vorhanden sind, auf diesen ..." zu errichten

Ersten Entwürfen von 1902 folgte **1911** die erste öffentliche Ruhehalle auf der Hygiene-Ausstellung in Dresden.

In Hessen wurde Ruhe **1955** als eine wichtige Voraussetzung für das wirtschaftliche Überleben von Kurorten erkannt (Bäderverband, 1955)[131]. In diesem Zusammenhang sind auch aus den **1980er**-Jahren Untersuchungen zur Ruhe in Kurorten, städtischen Parks und Grünanlagen bekannt, die auf Befragungen von Kurgästen und Besuchern sowie parallelen Schallmessungen beruhen (HLfU, 1983, 1984).
Seit **1974** liegen für **ganz Hessen** Lärm-Übersichtskarten im Maßstab 1:50.000 vor, welche

- die von Lärm belasteten Flächen *und*
- die „ruhebedürftigen Landstriche, das sind Naturparke, Erholungswaldgebiete und Erholungswälder"[133]

zeigen.
Sie basieren auf Lärmkorridoren und sollten zum Zwecke der Raumplanung

- „... für das Land Hessen einen Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität für die gesamte Bevölkerung leisten."[134]

Denn bereits damals war erkannt worden:

- „Die lärmbeeinträchtigten Gebiete breiten sich immer mehr aus und wachsen in bisher ruhige Zonen hinein. Daher fühlt sich heute bereits ein Großteil der Bevölkerung durch Lärm beeinträchtigt." [135]

Seither ist es buchstäblich still geworden um die Ruhigen Gebiete in Hessen.

---

[130] Das zeigen auch die Kartierungen dieser Arbeit für Hessen und Deutschland: Viele große Ruhige Gebiete fallen mit hochwertigen Naturschutz- und Erholungsflächen zusammen, s. Kap. 7.5 u. Kap. 8.3.6, S. 313 u. 340.
[131] Bereits der 1. Deutsche Bädertag 1892 befasste sich mit dem Thema „Ruhe in Kurorten" (DHV & DTV, 2005, S. 12).
[132] Zitate der folgenden 3 Aufzählungspunkte: Sommer (1913, S. 5, 10 sowie 11 u. 13, Hervorhebungen durch den Autor).
[133] Hessen (1974, S. 11, Hervorhebungen durch den Autor).
[134] Hessen (1974, S. 3-4, Hervorhebungen durch den Autor).
[135] Hessen (1974, S. 3).

Die Lärmkartierung Hessen 2007 und Lärmkartierung Hessen 2012 beruhen auf einer strengen 1:1-Umsetzung der END. Sie liefern daher zwar kein einziges Ruhiges Gebiet (s. Abb. 3, S. 73 u. Abb. 50b, S. 256), aber die Erkenntnis:

- Die ca. 40 Jahre alten **Lärmkarten von 1974** sind **besser als** die von 2007 und **2012**

Ruhige Gebiete spielen auch in den bisher vorliegenden Lärmaktionsplänen des Landes Hessen zum Straßen-, Schienen- und Fluglärm *keine* Rolle (s.a. S. 319, insb. Fußnote 561). Die beschränken sich ganz auf die Lärmbekämpfung im Bereich L_{DEN} > 70 dB(A).
Aus Hessen ist bekannt, dass sich das Umweltamt der **Stadt Wiesbaden** seit September 2009 mit Ruhigen Gebieten beschäftigt, um ihren Schutz in die kommunale Verwaltungspraxis zu integrieren.

Ruhe und Stille

Zwei Interviews (Jäschke, 2007) und 24 schriftliche Befragungen[136] (Jäschke, 2008) vermitteln einen Eindruck, was Menschen unter Ruhe und Stille verstehen (Tab. 12).

Tab. 12: Interpretation der Begriffe „Ruhe" und „Stille".

Frei formulierte Antworten von 24 Personen auf die Frage „Was verstehen Sie persönlich unter ‚Ruhe' und was unter ‚Stille'?" (Jäschke, 2008, S. 1) – Mehrfach-Nennungen möglich. Die Antworten sind nach abnehmender Bedeutung von „Ruhe" sortiert.

Nr.	Antwort-Kategorie	Häufigkeit[137]	
		Ruhe	Stille
1	Wenig Geräusche, geringe Lautstärke, keine lauten Geräusche	11	2
2	Innerer Zustand, innere Ruhe, allg. Lebenseinstellung	7	0
3	Positive Gefühle erzeugend	4	0
4	Nicht störende Geräusche	5	3
5	Nicht störende Naturgeräusche	2	1
6	Gut schlafen können	1	0
7	Keine Bewegung	2	2
8	Akustik betreffend	0	2
9	Manchmal negative Gefühle, manchmal Einsamkeit hervorrufend	0	2
10	Man hört wirklich gar nichts, absolute Ruhe	0	6
11	Keine Geräusche	1	13
12	Stille ist leiser als Ruhe: 2 × – umgekehrt: 1 ×	-	-
13	Stille ist kurzfristiger als Ruhe: 1 ×	-	-

Ruhe und Stille haben demnach eine sehr individuelle Bedeutung, die sich im Einzelfall sogar genau umkehren kann (Nr. 11 und 12). Für die Mehrheit der Befragten scheint Stille einen Extrempunkt zu markieren, der durch die Abwesenheit *aller* Geräusche gekennzeichnet ist (Nr. 10 und 11, anders aber Nr. 1, 4 und 5) – und dadurch auch Unbehagen hervorrufen kann (Nr. 9). Bei Ruhe spalten sich die Antworten in zwei Lager: Die einen bleiben in der Welt der Akustik und verstehen darunter einen Zustand, bei dem Geräusche zwar anwesend sind, diese aber nicht (Nr. 4) oder nicht sonderlich (Nr. 1) stören. Die anderen äußern sich ohne akustische Vokabeln zu benutzen und verbinden mit Ruhe einen inneren und durchweg positiv empfundenen Ruhezustand (Nr. 2 und 3).

[136] Stichprobe: 10 Frauen und 14 Männer; Alter: 19-42 Jahre (Median = 27,5 Jahre). Befragung mittels Fragebogen: offene Fragen, die schriftlich zu beantworten sind. Ziel der Befragung ist es, sich einen *ersten* Überblick zu verschaffen (Exploration) und Hypothesen zu gewinnen (Lamnek, 2005). Wie für solche qualitativen Vorstudien üblich, sind die Ergebnisse nicht repräsentativ (viel zu kleine Stichprobe und anderes Studiendesign/-ziel).

[137] Die schriftlichen Antworten musste der Autor erst noch kategorisieren. Dabei lassen sich Interpretations-Fehler nicht ausschließen – ein analoges Problem tritt beim Tranquillity-Mapping auf, s.S. 100.

Kombiniert man die Befragungen mit den Erfahrungen aus Fachdiskussionen, so darf vermutet werden, dass bei **„Lärm-Experten“**[138] häufig eine Art „Scheuklappeneffekt“ auftritt: Eine Frage nach „Ruhe“ verknüpfen sie sofort und z.T. ausschließlich mit dem Gegenwort (Antonym) „Lärm“. Dadurch werden ihre Antworten durch akustische Vokabeln („Lärmfreiheit“) und nicht selten durch Pegelwerte – „Ruhe bedeutet x dB(A)“ – oder andere Quantitäten geprägt. Im Gegensatz dazu scheinen die Assoziationen von **„Lärm-Laien“** offener, grundsätzlicher und qualitativer zu sein. Insgesamt ist es daher sinnvoll, zu Ruhe und Ruhigen Gebieten sowohl Experten als auch Laien zu befragen.
Ferner liegt die Hypothese nahe, dass beide Gruppen dasselbe Phänomen nur aus 2 unterschiedlichen Perspektiven schildern:

- Die Experten beschreiben die **äußeren Faktoren** („Lärmfreiheit“, Pegelwerte usw.), die notwendig sind, um einen *inneren* Ruhezustand zu erreichen, den sie zwar gedanklich ihrer Antwort zu Grunde legen, aber nicht verbalisieren
- Die Laien schildern einen **inneren Ruhezustand** („Entspannen“, „Ausruhen“ usw.) und stellen sich die dazu erforderlichen *äußeren* Faktoren – womöglich dieselben, die die Experten direkt formulieren – vor, ohne diese jedoch zu benennen

Außensicht und Innensicht würden sich somit ergänzen.

Tab. 12 deutet ferner folgende Unterschiede an:

- **Stille:**
  - Wird mit *Geräusch*freiheit (= „Lautlosigkeit“) gleichgesetzt
  - Bedeutet oft: Schallpegel < Hörschwelle ~ 0 dB(A)
  - Weil alle **akustischen Faktoren fehlen** und somit Extremzustände aufweisen, erlebt man sie als so außergewöhnlich, dass Wahrnehmung und Wohlbefinden von der „fehlenden Akustik“[139] geprägt werden
  - Wird nicht immer oder nicht lange positiv erlebt
- **Ruhe**:
  - Wird mit *Lärm*freiheit (= keine *störenden* Geräusche) gleichgesetzt
  - Bedeutet oft: Schallpegel > Hörschwelle ~ 0 dB(A)
  - Wird häufig mit Naturgeräuschen assoziiert, die man toleriert oder sogar erwünscht
  - Wird positiv erlebt

Aus den nicht-repräsentativen Befragungen lassen sich folgende Hypothesen generieren:

- Menschen differenzieren deutlich zwischen Stille und Ruhe, aber nicht einheitlich
- Ruhe besitzt eine inhaltliche **Doppelbedeutung**:
  1) **Äußere Ruhe = Ruhe i.e.S.**: ein positiver Zustand der **Außen**welt (Umwelt), der an das Vorhandensein rein akustischer Faktoren gebunden ist:
     - relativ große Lärm- bzw. Geräuschfreiheit[140] *oder*
     - Überwiegen von Naturgeräuschen[141]

---

[138] Dazu zählen: Akustiker, Lärmbetroffene und Befragte, die wissen, dass sich der Fragende mit Lärm beschäftigt.

[139] Auch in einer Situation größter Wasserknappheit (Dürre) wird das Erleben des Menschen durch das geprägt, was fehlt.

[140] Beispiel: Die END definiert 2 Arten von Ruhigen Gebieten (Art. 3 lit. l und m END, Hervorhebungen durch den Autor, s.a. S. 67: Tab. 4, Nr. 8 und S. 344: Tab. 85, Nr. 1):

- „ruhiges Gebiet in einem **Ballungsraum** … ein von der zuständigen Behörde festgelegtes Gebiet, in dem beispielsweise der **Lden**-Index oder ein anderer geeigneter Lärmindex für **sämtliche** Schallquellen einen bestimmten, von dem Mitgliedstaat festgelegten Wert **nicht übersteigt**“
- „ruhiges Gebiet auf dem **Land** … ein von der zuständigen Behörde festgelegtes Gebiet, das **keinem** Verkehrs-, Industrie- und Gewerbe- oder Freizeitlärm ausgesetzt ist.“

2) **Innere Ruhe = Ruhe i.w.S.**: ein positiver Zustand der **Innen**welt, gleichbedeutend mit z.B.
   - „zur Ruhe kommen“
   - Entspannung und Erholung genießen[142]

Dabei gilt:

- Äußere Ruhe *kann* zu innerer Ruhe führen:
  - Wenn: positive akustische Faktoren > negative nicht-akustische Faktoren
- Äußere Ruhe führt nicht zwangsläufig zu innerer Ruhe:
  - Wenn: positive akustische Faktoren < negative nicht-akustische Faktoren
- Innere Ruhe *kann* sich auch ohne äußere Ruhe einstellen:
  - Wenn: positive nicht-akustische Faktoren > negative akustische Faktoren

Innere Ruhe ist der weitaus umfassendere Ruhezustand.

Messung von Ruhe

Schon vor nahezu 35 Jahren haben Fleischer (1978, 1979) und Krause (1978) darauf hingewiesen, dass die bestehenden Vorschriften zwar *halbwegs* vor Lärm schützen, jedoch *keinen* Schutz der Ruhe gewährleisten. Bereits damals wurde diese Auffassung damit begründet, dass die Regelwerke fast ausschließlich auf groben zeitlichen Mittelwerten[143] basieren und dadurch die komplexe Zeitstruktur des Schallsignals auf einen **Einzahlwert** reduziert wird – was zwar zur Vereinfachung genauso beabsichtigt ist, wodurch aber Zeiten der Ruhe (**Ruhepausen**) und des Lärms – wie auch immer die Begriffe definiert sein mögen – nicht mehr zu ermitteln sind. Durch das Prinzip der energieäquivalenten Pegeladdition dominieren einzelne Schallereignisse mit hohen Pegeln den Mittelwert, auch wenn sie nur kurzzeitig einwirken[144]. Tatsächlich vorhandene Ruhepausen bleiben deshalb unentdeckt, obwohl sie wahrnehmbar sind und Wirkungen auslösen. Werden andererseits vorhandene Ruhepausen mit (moderatem) Lärm aufgefüllt, so führt dies nicht zu einem merklichen Anstieg des Gesamtpegels[145] – „Barriere des Mittelungspegels“[146] –, obwohl die Ruhe dadurch zerstört wird. Beide Autoren haben deshalb vorgeschlagen,

- einen **Erholungspegel** L_E zu definieren: „... z.B. 40 dB(A) ...“[147],

dessen Unterschreiten Ruhe bedeutet. Dann ließe sich aus der Pegel-Zeit-Statistik mit geeigneten Messgeräten der **Ruhe*zeit*anteil** anhand der Bedingung $L_{Aeq}(t) < L_E = 40$ dB(A) bestimmen.

Guski (1988) zeigte in Laboruntersuchungen, dass **Ruhepausen erinnerbar** wahrgenommen werden können, wenn sie länger als etwa **3 Minuten** andauern. Das Erinnern gelingt umso besser, je abrupter die Pausen einsetzen und je größer die Lärm-Ruhe-Pegeldifferenz ist.

Ruhepausen spielen auch in aktuellen Vorschlägen[148] im Kontext von **Soundscapes** (s. Kap. 2.3.6, S. 99) eine Rolle, wenn es nicht mehr nur darum geht, ob ein Gebiet ruhig ist

---

[141] Fleischer (1979, S. 130) versteht unter Ruhe „die Geräusche der Natur ... soweit sie ohne den Menschen zustande kommen.“

[142] Guski (1987, S. 70) verbindet mit Ruhe „... vor allem die Zustände Stille, Frieden und Erholung.“

[143] Hier relevant: A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel wie $L_{Aeq,\,24h}$, $L_{Aeq,\,16h\text{-}Tag}$ und $L_{Aeq,\,8h\text{-}Nacht}$ oder L_N und L_{DEN}.

[144] Beispiel 1: In einer Stunde tritt 1 Schallereignis von 1 Minute Dauer und 75 dB(A) auf, in den restlichen 59 Minuten herrscht ein Dauerschallpegel von 35 dB(A), hier als Ruhe definiert. Es folgt: $L_{Aeq,\,1h} = 57{,}2$ dB(A), obwohl 98 % der Zeit Ruhe herrscht; 98 % ≙ 0,98 = 59/60.

[145] Beispiel 2: Wie Beispiel 1, aber in den restlichen 59 Minuten 50 dB(A) statt 35 dB(A). Damit jetzt: $L_{Aeq,\,1h} = 58{,}0$ dB(A), d.h. nahezu unverändert gegenüber Beispiel 1, obwohl sich die Ruhequalität um 15 dB verschlechtert hat: 35 dB(A) ⇔ 50 dB(A).

[146] Fleischer (1978, S. 71, Hervorhebungen durch den Autor).

[147] Fleischer (1978, S. 72, Hervorhebungen durch den Autor).

[148] Beispiele: Botteldooren & de Consel (2006a, 2006b).

oder nicht, sondern welche (Ruhe)Qualität es hat. Zur Messung von Ruhe werden dieselben Methoden vorgeschlagen wie zur Lärm-Messung (Kap. 2.1, S. 80):

- akustische und psychoakustische Messverfahren
- sozialwissenschaftlich-psychologische Methoden[149]

Beispiel: USA, Nationalparks, Audibility – 1975 ff.

Der Ansatz, Ruhige Gebiete durch die Dominanz von Naturgeräuschen zu definieren, wird seit fast 40 Jahren in den USA verfolgt (Miller, 2008). Anlass waren zwei 1975 und 1987 vom Kongress verabschiedete Rechtsakte[150], die für den **Grand Canyon Nationalpark** als Ziel vorgaben:

- „... shall provide for substantial restoration of the natural quiet and experience of the park and protection of public health and safety from adverse effects associated with aircraft overflights."[151]

Jeder Besucher des Grand Canyons soll den Nationalpark in seinem natürlichen (akustischen) Zustand wahrnehmen und genießen können. Um das zu gewährleisten, dürfen Flugzeuggeräusche unter den im Grand Canyon gegebenen Bedingungen nicht hörbar („not audible", s.u.: TAUD) sein. Um zu quantitativen Aussagen zu gelangen, werden seit dem Jahr 2000 drei Faktoren berücksichtigt (FICAN, 2005):

1. die Frequenzspektren der vorhandenen Flugzeuggeräusche (Störgeräusche)
2. die Frequenzspektren der vorhandenen Naturgeräusche
3. die frequenzabhängige Hörempfindlichkeit des Menschen (Parkbesucher)

Die Faktoren wurden in die US-Software zur Fluglärmberechnung implementiert, so dass sich für jeden beliebigen Punkt des Nationalparks berechnen lässt, wie groß die Zeitdauer – **„Time Audible" (TAUD)** als neuer Lärmindex – ist, innerhalb der Flugzeuggeräusche vom Menschen hörbar wahrgenommen werden können. Vorher waren allerdings im Nationalpark langjährige Messkampagnen durchzuführen, um repräsentative Spektren (Nr. 2) der dort vorhandenen Naturgeräusche zu gewinnen.

Ob ein Park **„natural quiet"** ist und damit das Qualitätsziel erreicht, entscheidet sich anhand 3er Kriterien. Danach dürfen Flugzeuggeräusche

- an **jedem** Tag (12 h)
- nur auf **höchstens 50 %** der Nationalpark*fläche*
- während **maximal 25 %** der Tages*zeit*[152] (≤ 3 h)

hörbar („audible") sein (Court of Appeals, 2002; NPS, 2003).

Die Kriterien und Untersuchungen wurden inzwischen auf über 30 US-amerikanische Nationalparks ausgedehnt und auf andere Lärmarten erweitert.

Die Methode im Rahmen dieser Arbeit anzuwenden, kam aus mehreren Gründen nicht in Frage: Weder Software noch Daten waren verfügbar, die Ergebnisse wären nicht END-konform, sondern eine Sonderlösung und ein vollständiger Systemwechsel gewesen (Kap. 1.5, S. 76).

---

[149] D.h. qualitative und quantitative Forschungsmethoden, z.B.: subjektive Beurteilung durch Experten, Besucher oder Ortskundige mittels Befragungen, Beobachtungen usw., siehe z.B. Bortz & Döring (2003) und Lamnek (2005).

[150] 1975: Grand Canyon National Park Enlargement Act und 1987: National Parks Overflight Act of 1987.

[151] National Parks Overflight Act of 1987, Section 3 Subsection b Paragraph 1, February 5, 1987; Hervorhebungen durch den Autor.

[152] 12h-Tag = Zeit, in der sich Besucher gewöhnlich im Nationalpark aufhalten.

2.3.6 Soundscapes und multifaktorielle Einflüsse

Überblick

Ende der 1970er-Jahre setzte Schafer (1977, 1988, 1994) der klassischen Lärmbekämpfung sein Konzept der **Soundscapes** entgegen. Verstanden wird darunter das gesamte Klangbild der Umwelt – die „Lautsphären"[153] – mit all seinen vielfältigen Erscheinungsformen und Wechselwirkungen (Lercher & Schulte-Fortkamp, 2003; Acta Acustica, 2006). Die Soundscape-Forschung versucht zu klären, welche Faktoren in welchem Maße und unter welchen Bedingungen einwirken müssen, damit Menschen ein Soundscape als „positiv" („gut") oder „negativ" („schlecht") beurteilen, wie sich die Faktoren messen und wie sie sich designen lassen. Alle Geräusche – Klang und Krach[154] – werden gleichberechtigt und ganzheitlich betrachtet, um einen Bogen von der Lärmbekämpfung („hohe" Pegel) bis zum Ruheschutz („niedrige" Pegel) zu spannen, ohne den Übergangsbereich („mittlere" Pegel) zu vernachlässigen. Dadurch soll die traditionelle Lärmbekämpfung, die ausschließlich versucht, „negativen" Schall zu vermeiden, erweitert werden: Möglichst hochwertige Soundscapes – gute Klangqualitäten („**Sound Qualities"**) – sollen erschaffen („**Sounddesign"**) oder erhalten werden. Mit dieser ambitionierten Aufgabe setzen sich die unterschiedlichsten Fachdisziplinen mit ihren jeweils ureigenen Methoden auseinander. Konsens besteht wohl darin, dass sich Lösungen umso leichter finden lassen, je eher man die Grenzen der jeweiligen Disziplinen überwindet und desto intensiver man interdisziplinär zusammenarbeitet. Es verwundert nicht, dass weder der Begriff „Soundscape" einheitlich verwendet wird, noch klare Trennlinien zur (klassischen) Lärmbekämpfung oder Lärmwirkungs-Forschung bestehen. Jedenfalls werden auch hier die **multifaktoriellen Wirkungszusammenhänge** betont: Neben den Geräuscheigenschaften spielen akustische, visuelle und sonstige Wahrnehmungsprozesse sowie situative und personale Faktoren eine Rolle (s.a. Kap. 2.3.4).

Die Soundscape-Forschung kann letztlich als Synonym für die Symbiose aus **Physik-Psychoakustik-Psychologie („PPP")** angesehen werden. Die Beschreibung der akustischen Klangwelt, die mit A-bewerteten Dauerschallpegeln beginnt und über komplexe psychoakustische Größen ihre Fortsetzung findet, wird durch die Hinzunahme nichtakustischer, psychologischer Faktoren (grob: „dem Rest") zum Abschluss gebracht. Offen bleibt, ob und wie Ordnung in diese Komplexität gebracht werden kann.

Während sich die amtlichen END-Kartierungen fast ganz auf die Physik konzentrieren (A-Pegel), weil die Meldepflichten der END nichts anderes fordern, werden Soundscape-Ansätze vereinzelt für die Lärmaktionsplanung vorgeschlagen, erprobt oder angewandt (z.B. Acta Acustica, 2006; Botteldooren et al., 2008; Payne, Davies & Adams, 2009). Seit 2008 wird an einer ersten Norm gearbeitet (Axelsson, 2010).

Ruhige Gebiete sind Orte mit besonderen Soundscapes. Es existieren daher auch unterschiedliche Kartierungsansätze, die sich der Soundscape-Forschung zuordnen lassen.[155] Soundscape-Ansätze werden in dieser Arbeit *nicht* eingesetzt.

---

[153] Schafer (1988, S. 7). Jeder Ort besitzt ein Soundscape: Innenraum, Innenhof, Straße, Grünanlage, Nationalpark, Stadt usw. Wie angesichts der allgemeinen Definition schon zu vermuten ist, wird der Begriff keineswegs einheitlich, sondern eher inflationär benutzt (Lercher & Schulte-Fortkamp, 2003).

[154] So der Titel der erst 1988 erschienenen deutschen Übersetzung von Schafers The Tuning of the World (1977).

[155] Beispiele: USA-Nationalparks (s.o.), Tranquillity-Mapping (gleich anschließend) sowie Ankre (2007), Botteldooren & de Coensel (2006a, 2006b) und Maffei (2008, 2010).

Beispiel: Großbritannien, Tranquillity Mapping **– 1991 ff.**
Einen multifaktoriellen, GIS-gestützten Ansatz verfolgt das seit 1991 in Großbritannien durchgeführte Tranquillity Mapping (CPRE, 2005). Es besteht aus 2 Phasen:

Phase 1 – Befragungen:
Experten und Bürger[156] werden in offener Form dahingehend befragt, welche Faktoren ihnen wichtig sind für „Tranquillity"[157] und die Einstufung eines Ortes als „tranquil area". Die von den Befragten „in eigenen Worten" abgegebenen Antworten (viele 100) ordnen die Autoren dem am besten zutreffenden positiven oder negativen Faktor einer „Faktorenliste" zu, die selbst wiederum aus den Antworten sukzessive aufgebaut wird („Kategorisierung", analog Tab. 12, S. 95).[158] Die relative Häufigkeit eines Faktors gilt als Maß für seine relative Bedeutung (Gewicht) im Vergleich zur Summe aller Faktoren (Tab. 13).

Tab. 13: Positive und negative Faktoren, die „Tranquillity" bewirken – und ihr relatives Gewicht.
Quelle: CPRE (2005, p. 6, Hervorhebungen durch den Autor). Gewicht = relativer Anteil des Faktors bzgl. der Summe aller positiven und negativen Faktoren (= 100 %). Legende: fett = Bezug zu Lärm.

Nr.	positiv ≙ Tranquillity	Gewicht	negativ ≙ NOT Tranquillity	Gewicht
1	„Perceived naturalness of the landscape"	13,2 %	„Presence of other people"	33,6 %
2	„Openness of the landscape"	10,6 %	„Visibility of roads"	6,7 %
3	„Rivers in the landscape"	9,2 %	„General signs of overt human impact"	5,6 %
4	„Areas of **low noise**"	**8,8 %**	„Visibility of urban development"	4,5 %
5	„Visibility of the sea"	2,6 %	„Road, train and urban area **noise**"	**3,9 %**
6	-	-	„Night time light pollution"	1,7 %
7	-	-	„Aircraft **noise**"	**0,8 %**
8	-	-	„Military training **noise**"	**< 0,6 %**
-	Summe	44,0 %	Summe	56,0 %

Die wichtigsten Ergebnisse:
- **14 %** der Befragten verbinden Tranquillity (~ innere Ruhe) direkt mit **Lärm**
- **34 %** halten die Anwesenheit anderer **Menschen** für unvereinbar mit Tranquillity
- **Positive Faktoren : negative Faktoren = 44 % : 56 %**

Wie schon erwähnt, lassen sich manche Faktoren nicht eindeutig trennen. Deshalb folgt aus den Prozentzahlen auch nicht, dass der Einfluss von Lärm oder Ruhe insgesamt nur 14 % beträgt.
Die Ergebnisse führen zu folgender „Definition" (Umschreibung):
- „**Tranquil Areas** are places which are sufficiently far away from the visual or **noise** intrusion of development or traffic to be considered unspoilt by urban influences. They are **peaceful** spaces where we can get away from the pressures of modern life, **recharge** our batteries and **refresh** our spirits. They are determined by distances from the **various** disturbing factors ..."[159]

---

[156] **„Participatory Appraisals"** wurden in 2 unterschiedlich strukturierten Gebieten, einer Nationalparkregion und einem Verdichtungsraum, durchgeführt. Befragte: **ca. 1.300 Personen**, Experten von Stadtverwaltungen und anderen Institutionen, Bürger (Anwohner), aber auch Besucher des Nationalparks, die man z.B. an Eingängen befragt hat.
[157] Übersetzung gemäß PONS-Globalwörterbuch (Breitsprecher et al., 1983, S. 1227, Hervorhebungen im Original):
- „**tranquil** *adj* ruhig, friedlich, still; *life* friedlich, ohne Aufregung; *mind* ruhig, gelassen; *music* ruhig, sanft; *person* ruhig, gelassen, ausgeglichen"

⇨ **Tranquillity ~ innere Ruhe = Ruhe i.w.S.** als Interpretation des Begriffs in dieser Arbeit.
[158] Beispiel: Unter dem negativen Faktor „Presence of other people" (Nr. 1 in Tab. 13) werden etliche recht unterschiedliche Störwirkungen zusammengefasst, z.B. bellende Hunde und lärmende Kinder. Diese hätte man z.B. auch unter einem zusätzlichen Faktor wie „verhaltensbedingter Lärm" subsummieren können.
[159] CPRE (1995, p. 2, Hervorhebungen durch den Autor).

Phase 2 – GIS-Kartierung:
In Phase 2 wird mittels GIS eine Tranquillity-Karte erstellt: Für jeden Ort x des Untersuchungsgebietes wird zuerst jeder Faktor (z.B. „Road noise", Nr. 5 in Tab. 13) durch GIS-Daten operationalisiert. Dann werden alle Faktoren mit ihren spezifischen positiven oder negativen Gewichten gemäß Tab. 13 versehen und schließlich die gewichtete Summe aller Faktoren berechnet. Sie wird als Maß für die Tranquillity am Ort x angesehen.
Die Operationalisierungen sind insgesamt als kritisch einzustufen: Bei technischen Lärmquellen wie Straßen („Road noise", Nr. 5 in Tab. 13) konnte zwar auf anerkannte Verfahren der Lärmkartierung (Schallberechnungen analog VBUS & Co) zurückgegriffen werden – aber selbst die können zu großen Unterschieden führen (Kap. 6 ff.). Andere Faktoren mussten überhaupt erst in GIS-taugliche Größen und Daten übersetzt werden, so dass hier mit noch größeren Unsicherheiten zu rechnen ist.
Auch diese Methode hätte im Vergleich zur END-Kartierung einen Systemwechsel bedeutet (s. Kap. 1.5, S. 76), der aus 2 Gründen nicht in Frage kam: die geringere Akzeptanz der nicht END-konformen Karten und die nur aufwändig zu beschaffenden oder zu generierenden GIS-Daten.

2.3.7 Ruhewirkungen – Ruhe als Ressource

Im Gegensatz zum Lärm bleiben bei äußerer Ruhe lärmbedingte Nachteile aus, z.B.:

- *Keine* Schlafstörungen, auch nicht bei dauerhaft geöffneten Fenstern
- *Keine* gestörte Kommunikation
- *Keine* Leistungsdefizite in Beruf und Freizeit
- *Keine* lärmbedingten Belästigungen, Nachteile oder Gesundheitsschäden

Ruhe geht aber weit über die schlichte Abwesenheit von Lärm und die Vermeidung seiner Nachteile hinaus (Kap. 2.3, S. 87). Denn Ruhe

- **vermeidet negative Lärmwirkungen** ***und***
- **erzeugt positive Ruhewirkungen**:
    - Erholung, Regeneration, Wohlbefinden, Lebensqualität, Gesundheit usw.

Ruhe wirkt i.S. der Salutogenese (s.S. 91) – wenn auch nur als 1 Faktor von vielen.

Anschließend werden ausgewählte Studienergebnisse stichwortartig zitiert, um die Bandbreite möglicher Ruhewirkungen zu verdeutlichen. Die meisten Untersuchungen beruhen auf Befragungen und geben daher die Selbsteinschätzungen der Befragten wieder. Auf inhaltliche Kommentare, insb. eine Methodenkritik, wird aus Platzgründen verzichtet. Für viele Studien trifft jedoch mindestens eine der folgenden Einschränkungen zu: Nicht repräsentativer Stichprobenumfang (wenige Befragte), spezielle Befragungsgruppen oder -lokalitäten (z.B. Wanderer auf Wanderwegen), strukturierte Fragebögen (vorgegebene Antworten) oder Ruhewirkungen nicht das primäre Studienziel. Auch wenn in den Publikationen nicht immer der genaue Wortlaut der Fragen wiedergegeben ist, so fällt dennoch auf, dass öfters eine Antwortoption gleich mehrere Faktoren enthält, z.B. „Natur und Landschaft genießen"[162]. Das mag zwar durch die spezielle Zielrichtung der jeweiligen Studie gerechtfertigt sein, erschwert aber die Auswertung, weil unklar bleibt, ob sich ein „Ja" auf Natur oder Landschaft oder beides bezieht. Überhaupt ist bei einer Verallgemeinerung der Resultate generell Vorsicht geboten.

Hier nun einige wichtige Studienergebnisse zur **Bedeutung der Ressource Ruhe**:[160]

- **Naturgeräusche, Ruhe und Stille**
  - **66 %** gehen in die Natur, „um die Ruhe zu genießen"
    = 1./2. Platz von 11 insgesamt
    gleichauf: „um sich zu erholen" 66 %[161]
  - **65 %** nennen als „Wandermotiv": „Stille der Natur"
    = 3. Platz von 7 insgesamt
    1. Platz: „Natur und Landschaft genießen" 88 %
    2. Platz: „Etwas für die Gesundheit tun" 70 %[162]
  - **82 %** halten „Ruhe" für wichtig in der Natur
    = 1. Platz von 9 insgesamt
    2. Platz: „Wassergeräusche" 74 %
    3./4. Platz: „Tiergeräusche" und „Düfte" 65 %[163]
  - **80 %** der Jugendlichen sagen 1997 „Am Wald liebe ich vor allem die Stille" – Tendenz *ab*nehmend:
    2003: 73 %
    2005: 35 %[164]
  - Manche Geräusche beeinflussen die Klangqualität beliebiger Orte in immer gleicher Richtung, d.h. sie verbessern diese unabhängig davon, ob es sich um eine Grünanlage oder einen Straßenraum handelt (Andersen et al., 1983):
    - verbessernd: Vogelgesang (6,5 = 1. Platz)[165], Grillen (5,7) und Blätterrauschen (5,0)
    - verschlechternd: Verkehrslärm verschiedener Arten (2,7-3,7)
- **Natur, Wald und Ruhe**
  - **5 %** assoziieren mit „Natur" den Begriff „Ruhe"
    = 21. Platz von 23 insgesamt
    1. Platz: „Wald" 47 %
    2. Platz: „Wiese" 38 %
    19. Platz: „Erholung" 7 %[166]
  - **79 %** gehen mindestens 1-mal pro Woche in die Natur (BMU, 2010)
  - **61 %** suchen den „Wald" auf, wenn sie „nach draußen in die Natur gehen"
    = 1. Platz von 10 insgesamt
    2. Platz: „Felder und Wiesen" 46 %
    3. Platz: „eigener Hausgarten, Kleingarten, Garten von Bekannten" 44 %
    4. Platz: „Park oder öffentliche Grünanlage" 36 %[167]

---

[160] Zur besseren Lesbarkeit befinden sich die Quellennachweise nicht hinter jedem Zitat, sondern am Ende des jeweiligen Absatzes bzw. Aufzählungspunktes. Sie gelten für alle zuvor wiedergegebenen Zitate.
[161] BMU (2010, S. 38): 2.015 Befragte ab vollendetem 18. Lebensjahr aus Deutschland. Befragung ist repräsentativ.
[162] Brämer (2008, S. 2): 1.312 Wanderer wurden vor Ort auf Wanderwegen in 6 Bundesländern befragt.
[163] Brämer (1997, S. 12): 99 Studierende der Marburger Universität wurden befragt.
[164] Brämer (2008, S. 4): ca. 2.200 Schüler an 26 Schulen wurden 2005 überwiegend in NRW befragt.
[165] Bewertungsskala von 1-8, wobei 8 ≙ Bestnote.
[166] BMU (2010, S. 29): „Prozentualer Anteil der Personen, die Substantive aus der jeweiligen Kategorie nennen; aufgeführt sind nur Kategorien mit einem Anteil an den Nennungen von mehr als 5 %." – s.a. Fußnote 161.
[167] BMU (2010, S. 37): „Wenn sie nach draußen in die Natur gehen, wohin gehen Sie dann normalerweise?" – s.a. Fußnote 161.

- **Ruhige Fassaden**
  - Eine ruhige Fassade (z.B. zum Innen- bzw. Hinterhof) reduziert die subjektiv wahrgenommene Lärmbelästigung und steigert damit das Wohlbefinden. Liegen dort die Pegel unter 55 dB(A)[168] *und gleichzeitig* mindestens 10-20 dB unter der lautesten Fassade der Wohnung, dann wirkt dies wie eine Schallminderung um 5-10 dB. Dadurch reduzieren sich die meisten Lärmwirkungen um 30-50 % (Öhrström et al., 2006; Botteldooren et al., 2008)
- **Ruhiges Wohnumfeld**
  - Ein wohnungsnahes (bis 75 m Entfernung) ruhiges Gebiet wirkt sich positiv auf Menschen in einer lauteren Wohnung aus: Lärmbelästigung, Störung der Erholung und des Schlafes sinken, Wohlbefinden steigt (Öhrström et al., 2006; SSH, 2011)
  - Umgekehrt wirkt sich ein lautes Wohnumfeld negativ aus (Klæboe, Kolbenstvedt & Fyhri, 2005)
- **Ruhige Nacht, Nachtruhe und ruhiger Schlaf**
  - werden bei Außenpegeln von L_{Night} < 30 dB(A) nicht und bei L_{Night} = 30-40 dB(A) nur wenig beeinträchtigt (WHO, 2009; UBA, 2009)
- **Urlaub**
  - **46 %** legen im Urlaub den größten Wert auf „Ruhe und Erholung"
    = 1. Platz von 3 insgesamt[169]
  - **> 66 %** der Normalwanderer erwarten von einem wanderfreundlichen Beherbergungsbetrieb „Ruhige Lage in schöner Landschaft"
    = 1./2. Platz von 116 insgesamt
    gleichauf: „Kleineres Haus mit familiärer Atmosphäre"[170]
  - **29,0 %** geben „Stille erleben" als Motiv zum Wandern an
    21,5 % „meine Ruhe haben"
    = 13. bzw. 15. Platz von 21 insgesamt
    1. Platz: „Die Natur erleben" 87,3 %[171]
- **Öffentliche Grün- und Parkanlagen**
  - **54 %** besuchen diese „zur Entspannung"
    = 2. Platz von 11 insgesamt
    1. Platz: „wegen der frischen Luft" 62 %[172]
  - **30 %** beantworten die Aussage „hier finde ich meine Ruhe" mit „trifft völlig zu"
    = 2. Platz von 6 insgesamt
    1. Platz: „Ich gehe hier gern spazieren" 43 %[173]

---

[168] $L_{Aeq,\,24h}$ dürfte gemeint sein, obwohl nicht explizit angegeben. Ruhige Fassaden sind auch nach END zu ermitteln: „Zusätzlich sollte – gegebenenfalls und soweit Daten verfügbar sind – angegeben werden, wie viele Personen innerhalb der oben angeführten Geräuschpegelkategorien in Gebäuden wohnen mit … einer **ruhigen Fassade**, d. h. einer Fassade eines Wohnhauses, an der der Lden-Wert in einem Abstand von **4 m** über dem Boden und **2 m von** der Fassade für den Lärm aus einer bestimmten Lärmquelle **um mehr als 20 dB unter** dem Wert liegt, der an der Fassade mit dem höchsten Lden-Wert gemessen wurde." (Anhang VI, Nr. 1.5 END, Hervorhebungen durch den Autor)
In dieser Arbeit sind ruhige Fassaden nichts weiter als sehr kleine Ruhige Gebiete, s.a. S. 116: Tab. 18, Nr. 5.
[169] IMAS (2001, S. 1a): 1.000 Personen befragt, was repräsentativ für die österreichische Bevölkerung ab 16 Jahren ist; Quotaauswahl; Zeitraum der Befragung: Anfang Juni 2001.
[170] Brämer (2002, S. 5): Zusammenfassung aus verschiedenen Studien, keine genaueren Angaben.
[171] BMWI (2010, S. 38): Art der Befragung unklar, denn einerseits werden 4.567 Befragte mittels CATI (= Computer Assisted Telephone Interviews) genannt, an andere Stelle wird festgestellt, aktive Wanderer auf Wanderwegen seien befragt worden.
[172] KGSt (2008, S. 12): Der Fragebogen wurde von 29 Kommunen auf den städtischen Internetseiten bereitgestellt. Insgesamt wurden 10.181 Antwortbögen abgegeben, wobei die Anzahl pro Kommune zwischen 20 und 1.000 lag.
[173] KGSt (2008, S. 14): Siehe Fußnote 172.

- **8 %** halten „ruhige, geschützte Parkbänke" für wichtige gestalterische Elemente
  = 5./6. Platz von 16 insgesamt
  1./2. Platz: „gut gepflegte und saubere Anlagen" 15 %
  „schöne Baumbestände" 15 %[174]

- **Großflächige Naturreservate und Nationalparks**
  - **75 %** der 0,5-1 Mio. Besucher kamen 2001 in den Müritz-Nationalpark, um „Ruhe zu finden"
    = 2. Platz von 11 insgesamt, s.a. Abb. 76, S. 339
    1. Platz: „die Natur beobachten" 82 %[175]
  - **27 %** der Wasserwanderer auf der Müritz-Elde-Wasserstraße betrachten „Ruhe/ Erholung/ Abgeschiedenheit" als „Positives in der Region"
    = 2. Platz von 17 insgesamt
    1. Platz: „schöne Landschaft/ Natur" 70 %[176]
  - **49 %** suchen in schwedischen Naturreservaten „Peace and quiet"
    77 % „Rest and relaxation" (Platz 2 bzw. 1)[177]
  - **38 % (33 %)** der Besucher des Addo Elephant Nationalparks in Südafrika nennen „Peace and quiet" als sehr wichtigen Grund für ihren Besuch; Angaben für 2005 (in Klammern für 2004)
    = 2. Platz von 5 insgesamt
    1. Platz: „To see the animals" 94 % (93 %)
    3. Platz: „To see the scenery" 36 % (33 %)[178]

- **Kur und Gesundheit**
  - **55 %** der Kurgäste halten „Ruhe" für einen Faktor, der besonders zur Gesundung beiträgt
    = 5. Platz von 13 insgesamt
    1. Platz: „Wandern, Spazieren" 68 %
    2. Platz: „Aufenthalt im Grünen" 66 %
    3. Platz: „Gesundes Essen" 65 %
    4. Platz: „Bewegung/Sport" 58 %
    Einige weitere Plätze zum Vergleich:
    6. Platz: „Nichts Tun, Ausruhen" 48 %
    7. Platz: „viel Schlaf" 47 %
    10. Platz: „Kur-/Wellnessangebote" 40 %
    12/13. Platz: „Heilwasser" 20 %[179]

Neben den zitierten Fallstudien erschienen in den letzten Jahren auch Literaturstudien und Lehrbücher, die einen Überblick über die positiven Wirkungen von Ruhe, Natur, Grün, Parks usw. auf Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität geben. Beispielhaft seien hier lediglich die Titel einiger Werke erwähnt:

---

[174] KGSt (2008, S. 15): Siehe Fußnote 172.
[175] a) für die Umfrage: Brüggemann (2009, S. 45); Stichprobenumfang: k.A. b) für die Besucherzahlen: NLP-Müritz (2011).
[176] Tourismusverband-MV (2010, S. 32): Face-to-Face Befragung von 355 Wasserwanderern mit standardisierten Fragebögen.
[177] Ankre, Forsberg & Emmelin (2008, p. 2): Schriftliche Befragung von 1.259 Besuchern und Inhabern von Zweitwohnungen in Blekinge (Süd-Schweden).
[178] Boshoff et al. (2006, p. 35-36): Zweiseitige Fragebögen wurden an den Eingangspunkten des Parks von August 2004 bis März 2005 ausgegeben. Pro Jahr etwa 850 Antworten, gleichbedeutend mit 3 bzw. 1,9 % (2004/2005) der Gesamtbesucher.
[179] Brämer & Richter (2008, S. 51): Vierseitiger Fragebogen, der an insg. 355 gehfähige Kurgäste in 11 Kommunen verteilt wurde. Ansprache der Gäste in Kurparks, Kurzentren, Wandelhallen, Cafes und Kliniken.

- Stille gebieden en gezondheid – Gezondheidsraad (2006)
- Healthy parks, healthy people ... – Maller et al. (2008)
- Nature and Health ... – Gezondheidsraad & RMNO (2004)
- Landschaft und Gesundheit ... – Abraham et al. (2007)
- Architektur psychologisch betrachtet – Flade (2008)
- Natur psychologisch betrachtet – Flade (2010)
- Umweltpsychologie ... – Linneweber, Lantermann & Kals (2008, 2010)

Von diesen beschäftigt sich nur die erste Arbeit direkt mit Ruhigen Gebieten, ansonsten spielen sie eher eine indirekte Rolle, sind aber häufig eng mit den behandelten Themen verbunden (s.o.). Anstatt auf einzelne Inhalte einzugehen, wird hier als **Quintessenz** festgehalten:

- „Parks and other natural environments are a fundamental health resource, particularly in terms of disease prevention. The initial evidence documenting the positive effects of nature on blood pressure, cholesterol, outlook on life and stress-reduction is sufficient to warrant its incorporation into strategies for the Australian National Health Priority Areas of 'mental health' and 'cardiovascular disease'.

  ...

  There is a clear message for park managers to join public health fora, as not only do parks protect the essential systems of life and biodiversity, but they also are a fundamental setting for health promotion and the creation of wellbeing, that to date has not been fully recognised."[180]

Alle bisher vorliegenden Befunde zusammen rechtfertigen folgendes **Fazit**:

- **Ruhe** tritt häufig vergesellschaftet mit Stille, Naturgeräuschen, Natur, Grün, Parks, Wald, Wildnis u.Ä. auf
- Ruhe wird von Menschen als (sehr) positiv bewertet und häufig nachgefragt
- Ruhe besitzt einen hohen Nutzen für den Menschen:
  - Ruhe hilft, gesund zu bleiben oder gesund zu werden[181]
  - ⇨ Ruhe ist eine Gesundheitsressource
- **Ruhige Gebiete** sind für Menschen **attraktiv, wohltuend und nützlich**
  - ⇨ Ruhige Gebiete sind eine **Gesundheitsressource**

⇨ Menschen sollten schon aus purem Eigennutz Ruhige Gebiete schützen[182]

Zudem ist allein schon aus Vorsorgegründen zu bedenken:

- „Must we wait until we prove every link in the chain of causation? ... In protecting health, absolute proof comes late. To wait for it is to invite disaster or to prolong unnecessarily."[183]

2.3.8 Gedankenmodell dieser Arbeit – Zwischenfazit

Aus dem eben skizzierten Wissensstand resultiert folgendes Gedankenmodell, das auch dieser Arbeit zu Grunde liegt:

1) **Jeder Mensch** benötigt ein gewisses Maß an **innerer Ruhe**, um gesund zu bleiben, gesund zu werden oder sich wohlzufühlen
2) Innere Ruhe stellt sich erst durch ein komplexes Zusammenspiel **vieler** innerer und äußerer, positiver und negativer **Faktoren** ein
3) Art, Intensität und Qualität der Faktoren sind für jeden Menschen individuell verschieden und zudem (lebens)zeitabhängig

---

[180] Maller et al. (2008, p. 2, Hervorhebungen durch den Autor).
[181] Lebensnotwendig wie z.B. Sauerstoff, Wasser und Nahrung sind Ruhige Gebiete allerdings nicht.
[182] Weitere Gründe für den Schutz Ruhiger Gebiete: Eigenwert, Kulturgut, Nutzen für Tierarten, s.a. Kap. 9.3, S. 361.
[183] W. H. Stewart (1969), zitiert nach EPA (1978, p. 23); s.a. Lawrence (2002).

4) Positive und negative Faktoren können sich gegenseitig verstärken oder kompensieren
5) **Äußere Ruhe, Stille, Natur, Grün, Wald, Naturgeräusche u.Ä.** sind relativ universelle äußere „Wohlfühl"-Faktoren, die vielen Menschen zu innerer Ruhe verhelfen *können*
6) **Ruhige Gebiete** sind Orte, in denen mindestens einer dieser „Wohlfühl"-Faktoren so beschaffen ist, dass Menschen dort innere Ruhe finden *können*
7) Die **Qualität** eines Ruhigen Gebietes ist umso höher, je mehr „Wohlfühl"-Faktoren dort gleichzeitig auftreten, je größer ihre Intensität und ihre Qualität sind und je stärker sie die negativen „Belastungs"-Faktoren kompensieren
8) Äußere Ruhe als einer der „Wohlfühl"-Faktoren bedeutet *näherungsweise* **Lärmfreiheit**
9) Lärm und Lärmfreiheit hängen *auch* vom **A-bewerteten Dauerschallpegel L_{DEN}** ab
10) Eine **Kartierung** des A-bewerteten Dauerschallpegels L_{DEN} (= Lärmkartierung i.S. der END) liefert daher die Lage von ***potentiell* Ruhigen Gebieten**
    = Anhaltspunkte (Indizien) dafür, wo es lärmfrei sein *könnte*
    = Wo Ruhe als einer der „Wohlfühl"-Faktoren *zu vermuten* ist
    = Wo die wahren Ruhigen Gebiete liegen *könnten*
11) Ob das *potentiell* Ruhige Gebiet *tatsächlich* ein ***wahres* Ruhiges Gebiet** ist und damit zu innerer Ruhe führen kann, lässt sich erst nach Überprüfung (Kartierung) aller übrigen Faktoren entscheiden[184]

Wahre Ruhige Gebiete lassen sich über (mindestens) 2 gleichberechtigte Wege finden:

1. **Die Akustik** ergänzt – wie eben skizziert – ihre klassische Lärmbekämpfung („hohe" Pegel) um den Schutz der äußeren Ruhe („niedrige" Pegel) und findet so als Erstes die potentiell Ruhigen Gebiete (≙ Ziel der vorliegenden Arbeit, s.a. Abb. 1, S. 8). Dann wird nach weiteren Faktoren (Moderatoren) gesucht, die das anfänglich primär akustische Verständnis abrunden und es ermöglichen, die *wahren* Orte der inneren Ruhe zu entdecken (≙ Nicht-Ziel)
2. **Andere Fachdisziplinen** untersuchen aus ihren Blickwinkeln ihre spezifischen Faktoren, die zu Gesundheit, Wohlbefinden, Erholung, Entspannung oder Regeneration führen, ergänzen aber ihre traditionellen Wirkfaktoren (Natur, Grün u.Ä.) um „die Akustik" (äußere Ruhe) als einen zusätzlich moderierenden Faktor

Ob die Erfolgsaussichten höher einzuschätzen sind, wenn alle Disziplinen Hand in Hand und interdisziplinär an einer Lösung arbeiten, mag dahingestellt bleiben.
Angesichts der Komplexität der Aufgabe wird es jedoch auf absehbare Zeit immer erforderlich sein, einen tragfähigen Kompromiss[185] zu finden zwischen

- **wissenschaftlichen Ansprüchen:**
    - Kartiere *alle* Faktoren genau und methodisch einwandfrei
- **praktischen Zwängen:**
    - Kartiere *einen* relevanten Faktor (END: L_{DEN}) bestmöglich

Der systembedingte Ansatz dieser Arbeit konzentriert sich auf den einen Faktor L_{DEN} und verfährt nach dem **Motto**:

---

[184] Es wird vermutlich auch wahre Ruhige Gebiete geben, die relativ hohe L_{DEN}-Pegel aufweisen, weil in ihnen dieser eine negative Faktor von anderen positiven Faktoren ausgeglichen wird. Zu Schwellenwerten: siehe Fußnote 187.
[185] Die vorliegende Arbeit kann als Beispiel dafür angesehen werden, wie ein solcher Kompromiss aussehen kann.

- Lieber jetzt in nicht idealen Karten *potentiell* Ruhige Gebiete finden – um sie, wenn auch ungenau, schützen zu können[186] – als noch lange auf ideale Karten warten und Gefahr laufen, dass das Schutzgut „Ruhe" bis dahin zerstört ist

Die END leistet einen wichtigen „akustischen" Beitrag zum europaweiten Schutz Ruhiger Gebiete, da sie diesen erstmalig gesetzlich verankert hat. Gleichzeitig vereitelt die END ihn aber auch, weil sie Mindestanforderungen an die Kartierung vorgibt, mit denen es unmöglich ist, Ruhige Gebiete zu finden (s. Tab. 4, S. 67 und Tab. 7, S. 74).

Die vorliegende Arbeit sorgt in diesem Punkt für Abhilfe: Aus den hier erstellten Lärm- und Ruhekarten geht hervor, *wo* sich die potentiell Ruhigen Gebiete in Hessen und Deutschland befinden. Mit diesen Informationen können Politik und Verwaltung **ab sofort** Maßnahmen zum Schutz Ruhiger Gebiete ergreifen und dadurch einen **4-fachen Nutzen** erzielen:

1. Negative Lärmwirkungen verhindern ⇨ Krankheiten vermeiden ⇨ Pathogenese
2. Positive Ruhewirkungen erzeugen ⇨ Gesundheit fördern ⇨ Salutogenese
3. Ruhe und Naturgeräusche als Natur- und Kulturgut erhalten ⇨ kulturelles Erbe
4. Ruheräume für Tiere sichern ⇨ Artenschutz

Ein ambitionierter Ruheschutz ist somit (human)ökologisch und ökonomisch von Vorteil. Konkrete Handlungsmöglichkeiten zum Schutz Ruhiger Gebiete nennt Kap. 9 (S. 343).

Hinsichtlich der Ruhigen Gebiete ist von künftigen Forschungsarbeiten z.B. zu klären:

- Welche positiven und negativen Faktoren rufen wann, wie und warum welche Ruhewirkungen hervor?[187]
- Wie gut stimmen die *potentiellen* mit den *wahren* Ruhigen Gebieten überein?[188]
- Wie lassen sich Ruhige Gebiete schützen, fördern, entwickeln und managen?
- Wie können Menschen informiert und motiviert werden, die positiven Wirkungen Ruhiger Gebiete zu bewahren und zu genießen (Aufklärung, Marketing etc.)?

2.4 Definitionen für Ruhige Gebiete

Nach den obigen Ausführungen (s. insb. Kap. 2.3.8) darf angenommen werden, dass sich mit Hilfe A-bewerteter Dauerschallpegel – hier konkret: L_{DEN} – eine **Teilmenge** der wahren Ruhigen Gebiete finden lässt. Es stellt sich allerdings die Frage:

- Welcher Pegelwert L_{DEN} = x dB(A) muss unterschritten sein, damit ein potentiell Ruhiges Gebiet vorliegt?

Um eine Antwort zu finden, listen die folgenden 3 Tabellen Pegelwerte aus verschiedenen Quellen auf. Danach wird das in dieser Arbeit benutzte Qualitäts-Kriterium vorgestellt.

2.4.1 Pegelkriterien als Schwellen

Pegelwerte für Ruhige Gebiete finden sich in

- Rechtsnormen – Tab. 14
- Kartieranleitungen und -empfehlungen – Tab. 15
- tatsächlich durchgeführten Kartierungen – Tab. 16

---

[186] Siehe auch: a) oben, S. 105, die Mahnung von Stewart: „Must we wait ...". b) Abb. 6, S. 120: Fehler 1. und 2. Art.

[187] Positive und negative Faktoren wären zu überprüfen. Außerdem müsste geklärt werden, ob **spezifische Schwellenwerte** für einzelne Faktoren existieren, die im Idealfall z.B. folgendes bewirken:

a) bei negativen Faktoren: innere Ruhe nicht möglich, mögen dort alle positiven Faktoren auch noch so gut sein
b) bei positiven Faktoren: innere Ruhe immer möglich, mögen dort alle negativen Faktoren auch noch so schlecht sein

[188] Zu den Begriffen: s. Abb. 5, S. 116 und Tab. 18, S. 116.

Ein direkter Vergleich von Pegelwerten aus unterschiedlichen Quellen wird durch 2 Umstände erschwert bzw. unmöglich gemacht:

1. Die Pegelgrößen (Lärmindizes) unterscheiden sich:
   - $L_{DEN} \neq L_D \neq L_{Aeq,\ 24h\text{-}Tag} \neq L_{Aeq,\ 16h\text{-}Tag}$ usw.
2. Die Pegelgrößen sind zwar identisch (z.B. L_{DEN}), werden aber nach unterschiedlichen Rechen- oder Messvorschriften bestimmt und unterscheiden sich deshalb:
   - L_{DEN}(Vorschrift A) = 55 dB(A) ≠ 55 dB(A) = L_{DEN}(Vorschrift B)

Ungeachtet Nr. 2 lassen sich ausgewählte L_{Aeq}-Pegel wie folgt in L_{DEN}-Pegel umrechnen:
Angenommen, die Abend- und Nachtpegel L_E und L_N unterscheiden sich vom Tagpegel L_D um feste Zahlenwerte E und N [in dB]:

- $L_E = L_D - E$ dB und $L_N = L_D - N$ dB

Dann lässt sich die L_{DEN}-Formel[189] folgendermaßen umformen:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{L_{DEN}} &= 10 \times log\frac{1}{24}\left(12 \times 10^{\frac{L_D}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_E+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_N+10}{10}}\right) \\ &= \boldsymbol{L_D} + 10 \times \log\left[\frac{12 + 4 \times 10^{\frac{5-E}{10}} + 8 \times 10^{\frac{10-N}{10}}}{24}\right] \end{aligned} \qquad (2.1)$$

Daraus lassen sich zwei Umrechnungsformeln ableiten, die häufig recht nützlich sind:

- Wenn ein Dauergeräusch den gesamten 24h-Tag vorliegt, dann gilt:
  - $L_E = L_N = L_D = L_{Aeq,\ 24h}$
  - ⇨ E = N = 0
  - ⇨ $\mathbf{L_{DEN} = L_{Aeq,\ 24h} + 6{,}4\ dB}$ (2.2)
- Wenn die 8h-Nacht einen 10 dB niedrigeren Pegel aufweist als der 16h-Tag, dann:
  - $L_{Aeq,\ 8h\text{-}Nacht} = L_N = L_D - 10$ dB und $L_E = L_D = L_{Aeq,\ 16h\text{-}Tag}$
  - ⇨ N = 10 und E = 0
  - ⇨ $\mathbf{L_{DEN} = L_{Aeq,\ 16h\text{-}Tag} + 1{,}3\ dB}$ (2.3)

In den nachfolgenden Tabellen treten diese beiden Fälle wiederholt auf.
Allerdings sollen die Tabellen nicht zur Pegel-Umrechnung dienen, sondern in erster Linie verdeutlichen, in welcher Bandbreite Ruhige Gebiete definiert sind. Die daraus gezogenen Schlussfolgerungen werden später nur für L_{DEN} formuliert. Sie haben einen gewissen „Faustformel"-Charakter, der aber für den hier verfolgten Zweck genügt.

Ruhepegel in Rechtsnormen

Bereits vor der END existierten in vielen Ländern Grenz- oder Richtwerte zum Lärmschutz von Gebieten, die der Erholung dienen (Tab. 14 – Teil A). Sie weisen oft die niedrigsten Pegel auf (= höchster Schutzstatus) und lassen sich daher am ehesten mit Ruhigen Gebieten vergleichen.

[189] Siehe Tab. 4, S. 67, bzw. Anhang I der END.

Tab. 14: Pegelwerte in Rechtsnormen zum Schutz von Ruhe, Erholung und Ruhigen Gebieten.
Teil B verwendet die END-Kategorien „Land“ und „Ballungsraum“ – z.T. in sinngemäßer Zuordnung.
Legende: Pegelwerte in Fettdruck = am ehesten vergleichbar mit L_{DEN}, s. Spalte „Pegelgröße“ (= Lärmindex).

Nr.	Staat	Gebietsbezeichnung	Pegel in dB(A)	Pegelgröße	Literatur
Teil A – Ruhige Gebiete, *implizit* als Ruhe- und Erholungsgebiete, Wohngebiete o.Ä.					
1	Deutschland	Reine Wohngebiete, Wochenend- u. Ferienhausgebiete; Kur- u. Erholungsgebiete	**50**/ 35;40[190]	$L_{Aeq,\ 16h\text{-}Tag}$/ $L_{Aeq,\ 8h\text{-}Nacht}$	DIN 18005-1, Beiblatt 1 (1987)
		Schutzbedürftige Sondergebiete	**45**-65/ 35-65		
		Friedhöfe, Parkanlagen u. Kleingärten	**55**/ 55		
		Krankenhäuser, Pflegeanstalten u. Kurgebiete	**45**/ 35		TA Lärm
		Reine Wohngebiete	**50**/ 35		
		Allgemeine Wohngebiete u. Kleinsiedlungsgebiete	**55**/ 40		
		Krankenhäuser, Schulen, Kurheime u. Altenheime	**57**/ 47		16. BImSchV
		Reine und allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	**59**/ 49		
		Reine und allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete, Krankenhäusern, Schulen, Kur- und Altenheime	70/ 60 **67**/ 57		VLärmSchR 1997 BMVBS (2010a)
2	USA	„Lands on which serenity and quiet are of extraordinary significance and serve an important public need and where the preservation of those qualities is essential if the area is to continue to serve its intended purpose.“	**57**	$L_{Aeq,\ 1h}$, siehe[191]	23 CFR, Part 772, Table 1 (Straßen)
		„Picnic areas, recreation areas, playgrounds, active sports areas, parks, residences, motels, hotels, schools, churches, libraries, and hospitals.“	**67**		
3	Österreich	Ruhe-, Kurgebiete u. Krankenhäuser	35; **45**	$L_{A,\ 95}$; L_{Aeq}	ÖNorm S 5021-1
		Erholungs- u. Kurgebiete	35; **45**		
		Parkanlagen u. Friedhöfe	40; **50**		
4	Schweiz	Erholungszonen	**50** – 55 – 65	siehe[192]	LärmschutzVO
Teil B – Ruhige Gebiete, *explizit*					
5	EU	Land	**< Pegelwert**	L_{DEN}, …	END
		Ballungsraum	**„kein Lärm“**	–	
6	Finnland	Land ~ „nature conservation areas“	**45**	$L_{Aeq,\ 18h}$	Finnish Council of State Decision 993/1992
		Ballungsraum ~ „recreational area“	**55**		
7	Norwegen	Land	**40**	L_{DEN}	DEFRA (2006)[193]
		Ballungsraum	**50**		
8	Dänemark	Ballungsraum	**45**	L_{Aeq}	
9	Italien	Ballungsraum	**50**	L_{Aeq}	
10	Niederlande	Land	**40**	$L_{Aeq,\ 24h}$	Gezondheidsraad (2006)[194]

[190] In Teil A gilt die Schreibweise: Tagwert/ Nachwert(e), s. Spalte „Pegelgröße“. Zwei Nachtwerte treten nur bei der DIN 18005-1, Beiblatt 1 (1987, S. 2) auf: „Bei zwei angegebenen Nachtwerten soll der niedrigere für Industrie-, Gewerbe- und Freizeitlärm sowie für Geräusche von vergleichbaren öffentlichen Betrieben gelten.“ … und ansonsten: „Die Beurteilungspegel der Geräusche verschiedener Arten von Schallquellen (Verkehr, Industrie und Gewerbe, Freizeitlärm) sollen … für sich allein mit den Orientierungswerten verglichen und *nicht* addiert werden.“

[191] Für die lauteste Stunde in der die schutzwürdige Aktivität stattfindet.

[192] Planungs- (PW), Immissionsgrenz- (IGW) und Alarmwerte (AW). Unterhalb PW soll garantiert sein, dass das Wohlbefinden nicht erheblich gestört wird, bis IGW finden erhebliche Störungen statt, die aber noch für zumutbar erachtet werden, oberhalb AW herrscht dringender Sanierungsbedarf. Die Pegel sind Tag-Nacht-Mittelungspegel des Kfz-Verkehrs (Motorfahrzeuge) inkl. der im Straßenraum betriebenen Bahnen (Straßenbahnen etc.).

[193] Übersichtsarbeit mit Beispiel-Definitionen aus verschiedenen Staaten (Ländern).

Die L_{DEN}-Werte[195] für Ruhige Gebiete in Teil B überstreichen folgende Wertebereiche:

- 40-45 dB(A) für das Land[194]
- 45-55 dB(A) für den Ballungsraum

Die Werte liegen 0-15 dB unter dem Zielwert L_{DEN} = 55 dB(A), der zur **Vermeidung *erheblicher* Belästigungen** empfohlen wird (UBA, 2006a, s.a. S. 88). Das scheint vernünftig, da jede Lärmbelästigung – und damit erst recht eine, die erheblich ist – einer ruhebedürftigen Erholungsaktivität und innerer Ruhe zu widersprechen scheint.

Nur die END gibt für Ruhige Gebiete keine numerischen Werte vor, verpflichtet aber die Mitgliedstaaten, solche Werte zu erlassen (Erwägungsgrund 8 und Art. 3 lit. s END). Die Bundesrepublik Deutschland ist dieser Pflicht nicht nachgekommen und hat die END somit nicht richtlinienkonform umgesetzt (s.a. Kap. 9, S. 343, insb. S. 345).

Ruhepegel in Kartieranleitungen und -empfehlungen

Tab. 15 enthält verschiedene nationale und internationale Vorschläge. Sie beruhen nicht nur auf reinen Pegelwerten, sondern umfassen z.T. auch zusätzliche Kriterien, hier durch **„&“** und ggf. weitere Hinweise gekennzeichnet.

Tab. 15: Pegelwerte für Ruhige Gebiete in Kartieranleitungen und -empfehlungen.
„&“ = weitere Kriterien sind zusätzlich zu den Pegelwerten relevant – hier: nur die wichtigsten genannt.
Die aufgeführten Probleme und Empfehlungen sind der jeweils zitierten Literatur entnommen.

Nr.	Staat	Gebietsbezeichnung bzw. in END-Terminologie: Land und Ballungsraum	Pegel [dB(A)] & weitere Kriterien	Pegel-größe	Bemerkungen, Literatur
Ruhe- und Erholungsgebiete o.Ä.					
1	D	„besonders ruhiges Gebiet“ „ruhiges Gebiet“	45 55	L_{DEN}	RegLMP (2004, S. 11)
	Problem: • „Aufgrund der END-Schwellen können Ruhige Gebiete anhand objektiver Kriterien gegenwärtig **nicht seriös** benannt werden.“[196] Empfehlung, welche Straßen in Akustik-Modellen zu berücksichtigen sind: • „besonders ruhige Gebiete“ ≙ L_{DEN} ≤ 45 dB(A): **DTV > 0 Kfz/24h ≙ *alle* Straßen** • „ruhige Gebiete“ ≙ L_{DEN} ≤ 55 dB(A): **DTV ≥ 2.000 Kfz/24h**				
2	D	Land Ballungsraum	40 50 & ≥ **4 km²**	L_{DEN}	Anhaltswerte, LAI (2009)
	Problem: • „Ruhige Gebiete sind … in den Bereichen zu suchen, die … nicht kartiert wurden.“ (LAI, 2009, S. 5)				
3	D	je nach Gebietstyp	40-50	L_{DEN}	BUND (2006)
4	EU	Land Ballungsraum	40 50 bzw. 40[197]	L_{DEN}	Forschungsauftrag der EU, Symonds (2003)
	Empfehlung: • Die Mindestanforderungen der END sollten auf **L_{DEN}/ L_N = 45/ 40 dB(A) herabgesetzt** werden				
5	GB	1. Ballungsraum 2. Ballungsraum u. Land	55 & ≥ **9 ha**, … **Befragungen &** …	L_D	1. für Lärmaktionspläne 2008 2. für Lärmaktionspläne 2013 DEFRA (2006)
6	Schottland Wales	Ballungsraum	55 & …	L_{DEN}	Scottish Executive (2005b)
	Problem: • Ruhige Gebiete sind unterhalb des Schwellenwertes **55 dB(A) *nicht* identifizierbar**				
7	Österreich	Land	50/ 40	L_{DEN}/ L_N	ÖAL-Richtlinie 36, Blatt 1

[194] ABER: „… the target value of **40 dB(A) … does *not* fully guarantee undisturbed enjoyment of peace and quiet**.“ (Gezondheidsraad, 2006, p. 18, Hervorhebungen durch den Autor).

[195] Der Nachtwert L_N wird nicht weiter erörtert, da sich die vorliegende Arbeit auf L_{DEN} beschränkt.

[196] RegLMP (2004, S. 12, Hervorhebungen durch den Autor).

[197] Beide Werte gelten für L_{DEN}. 40 dB(A) wird als „**gold standard**“ bezeichnet (Symonds, 2003, p. 15, Fettdruck im Original).

Nr.	Staat	Gebietsbezeichnung bzw. in END-Terminologie: Land und Ballungsraum	Pegel [dB(A)] & weitere Kriterien	Pegel-größe	Bemerkungen, Literatur
8	Irland	Land	30/ 27 day/ night- *Messwerte*	$L_{A90, 1h}$	Anthropogener Geräuschbeitrag kleiner als die angegebenen Messwerte, Waugh et al. (2003)[198]
9	USA	Nationalparks	**natural quiet**	audibility	Flugzeuge dürfen an jedem Tag (12 h) auf höchstens 50 % der Nationalparkfläche maximal 25 % der Zeit hörbar („audible") sein, s.S. 98
10	Schweden	• „Areas completely free of community noise" • „Areas with a very limited incidence of community noise" • „Open-air areas" • „Recreational areas near agglomerations" • „Parks"	≤ 40 & 10'/Wo.[199] ≤ 40 & 5'/d ≤ 45 & 60'/d ≤ 45 & 120'/d ≤ 45-50 & -20 dB	L_{Aeq} & ...	Empfehlungen, die weiter überprüft werden sollen, WG-SWE (2002)
11	Norwegen	Nationalparks u.a. Erholungsgebiete Ballungsraum 1 Ballungsraum 2	„alien noise undesirable" 35-40 45-50 50-55	L_{Aeq}	Statens Forurensningstilsyn (Norwegian National Pollution Control, ab 1994), zitiert nach WG-SWE (2002)
12	Norwegen	Land Ballungsraum	40 50	L_{DEN}	DEFRA (2006)
13	Finnland	• „natural quiet areas" • „rural quiet areas" • „urban quiet areas" • „special quiet areas"	30-35 35-40 45 45	$L_{Aeq, 18h}$	Alles Orientierungswerte, Karvinen & Savola (2004, p.5); Pegelgröße aus DEFRA(2006)

Bei den Kartieranleitungen und -empfehlungen erstreckt sich L_{DEN} über folgende Bereiche:

- 30-45 dB(A) für das Land
- 45-55 dB(A) für den Ballungsraum

Im Ballungsraum unterscheiden sich hier die Werte nicht von denen in Tab. 14. Für das Land fallen sie **10 dB niedriger** aus und unterschreiten damit die END-Schwelle von L_{DEN} = 55 dB(A) um bis zu 25 dB.

Die Pegelkriterien werden z.T. durch alternative Kriterien (&) ergänzt oder ersetzt:

- **Mindestfläche von 4 km² bzw. 0,09 km² = 9 ha** (Nr. 2 u. 5)
- **Naturgeräusche** bzw. keine anthropogenen Geräusche **zu hören** (Nr. 8, 9, 11 u. 13)
- **Befragungen** (Nr. 5)
- **Mindest-Ruhe*zeiten*** (Nr. 10)

Im Good Practice Guide (WG-AEN, 2003, 2006a, 2006b), der zahlreiche detaillierte Empfehlungen zur Umsetzung der 1. Stufe der END enthält und von einer Arbeitsgruppe der EU-Kommission erstellt wurde, finden sich weder Pegelwerte noch sonstige Kriterien zur Kartierung Ruhiger Gebiete (s.S. 344: Tab. 85, letzte Zeile)

[198] Unklar, wie „day" und „night" definiert sind.

[199] 40 dB(A) dürfen in maximal 10 Minuten pro Woche (= 10'/Wo.) überschritten werden; analog die anderen Werte. In Parks sollen entweder die Pegelwerte 45-50 dB(A) unterschritten werden *oder* die Pegel sollen *20 dB unter* („-20 dB") denen der umgebenden Straßen liegen, wobei die strengere der beiden Bedingungen gilt.

Ruhepegel in tatsächlich durchgeführten Kartierungen

Tab. 16 enthält Kriterien aus Kartierungen, die nach END oder anderen Vorschriften durchgeführt wurden.

Tab. 16: Pegelwerte für Ruhige Gebiete in tatsächlich durchgeführten Kartierungen.
„&" = weitere Kriterien sind zusätzlich zu den Pegelwerten relevant – hier: nur die wichtigsten genannt.
Die aufgeführten Probleme und Empfehlungen sind der jeweils zitierten Literatur entnommen.

Nr.	Gemeinde o. Stadt	L_{DEN} [dB(A)] & weitere Kriterien	Anmerkungen Welche Arten von Ruhigen Gebieten werden unterschieden?
Kartierungen nach END			
1	Norderstedt (2006)	< 50, < 55, < 55-60	3 Arten: Erholungsgebiete, Stadtoasen, Ruhige Achsen. Im benachbarten Hamburg ähnliche Bezeichnungen, s. Nr. 10.
2	Quickborn (o.J.)	≤ 50	Fluglärm ist jedoch bis 55 dB(A) zulässig.
3	Maifeld (2008)	- & WR, SO	Keine Pegelwerte, sondern Art der Nutzung maßgeblich[200]: Wegen der **besonderen Erholungsfunktion** *kommen* **WR** u. **SO** *in Frage*, nicht jedoch G und WA[200]. Ein SO mit **Ferienwohnungen**, „... die nicht zum ganzjährigen Aufenthalt bestimmt sind ..." (Maifeld, 2008, S. 9) wird als Ruhiges Gebiet betrachtet. Vgl. Nr. 7.
4	Lübeck (2008)	-	Bezeichnungen wie in Norderstedt, aber keine Pegelwerte.
5	Gotha (2008)	55/ 45	WA-Orientierungswerte der DIN 18005-1, Beiblatt 1 (1987). Problem: • Wegen der hohen END-Schwelle L_{DEN} > 55 dB(A) lassen sich **Ruhige Gebiete nur abschätzen**
6	Eisenach (2009)	-	- Problem: • **Festlegung** von Ruhigen Gebieten **nicht möglich**, weil aufgrund der hohen END-Schwelle L_{DEN} > 55 dB(A) keine flächendeckende Kartierung des Straßen- und Schienenlärms erfolgen kann
7	Ahrensburg (o.J.)	≤ 45 und ≤ 55	2 Arten: besonders ruhiges Gebiet u. ruhiges Gebiet (s. Tab. 15, Nr. 1). Ruhige Gebiete **dienen der Erholung**, weshalb dort eine Lärmzunahme zu vermeiden ist. **WA** und **WR** sind *keine* Ruhigen Gebiete, weil sie selbst Lärmquellen enthalten. Vgl. Nr. 3.
8	Berlin (2008, S. 6)	≤ 40 & ≥ **100 ha** ≤ 55 & ≥ **30 ha** & **-6 dB**	Pegel nur als (langfristiger) Zielwert geeignet, nicht für erstmalige Ausweisung, da Kriterium für Großstädte zu streng. 2 Arten: • „Ruhige Gebiete (zusammenhängende Freiflächen)" • „Innerstädtische Erholungsflächen": Die Pegel der Kernfläche liegen 6 dB *unter* dem Höchstpegel der Gesamtfläche Problem: • Eine abschließende Bestimmung der Ruhigen Gebiete **allein aus** den **Lärmkarten** ist **nicht möglich**, da das Straßennetz wegen der hohen END-Schwelle L_{DEN} > 55 dB(A) zu lückenhaft kartiert wurde
9	Kiel (2008, S. 11)	≤ 50 überwiegt & ≥ **30 ha** & … Keine Pegelkriterien, nur &-Kriterien	2 Arten (Kiel, 2008, S. 11, Hervorhebungen durch den Autor): 1) „Ruhige Gebiete" … weitere &-Kriterien dafür: • „**zusammenhängender Naturraum** wie **Wald, Parkanlagen, Grünflächen** • Möglichkeit ausgedehnter Spaziergänge ohne Durchquerung verlärmter Bereiche, … • genügt den (subjektiven) **Ansprüchen der Erholungssuchenden**." 2) „Innerstädtische Erholungsflächen": • „**Grün- und Erholungsflächen in Wohngebietsnähe**, • in ihrer **Kernfläche** deutlich **leiser** als an ihrer Peripherie, • genügt den (subjektiven) Ansprüchen der Erholungssuchenden."
10	Hamburg (2008, S. 30)	< 45 & ≳ **10 ha** & ... < 55 & ≳ **12 km²** & ... **-6 dB** & ≥ **4 ha** & ...	5 Arten (ähnlich wie in Norderstedt, s. Nr. 1): • „Landschaftsraum mit besonders ruhigen Gebieten" • „Landschaftsraum mit ruhigen Gebieten" • „Innerstädtischer Freiraum"

[200] Abkürzungen gem. § 1 BauNVO: WR = reine Wohngebiete, SO = Sondergebiete; G = gewerbliche Bauflächen, WA = allgemeine Wohngebiete.

Nr.	Gemeinde o. Stadt	L_{DEN} [dB(A)] & weitere Kriterien	Anmerkungen Welche Arten von Ruhigen Gebieten werden unterschieden?
		Nur &: > 1.000 m lang Nur qualitative Krit.	• „Ruhige Achse“ • „Stadtoase“ Weitere &-Kriterien: Erreichbarkeit, Kantenlänge (~ Flächengröße), öffentliche Zugänglichkeit und Eignung zur Erholung.
11	Bremen (2007)	< 50 und < 55	2 Arten, ohne weitere Bezeichnungen.
12	Wien	≤ 50/ 40 & **Schutzgebiet**	„Teilbereiche der nachfolgend aufgezählten Schutzgebiete, in welchen die Summe aller Schallquellen, ausgenommen jedoch Fluglärm, einen Schwellenwert von 50 dB L_{den} und 40 dB L_{night} nicht übersteigt: ...“ (Art. VI Wiener Umgebungslärmschutzverordnung, 31.03.2006) Anschließend erklärt Art. VI zu Ruhigen Gebieten: 1 Nationalpark, 2 Naturschutzgebiete und 7 Landschaftsschutzgebiete. Im Gegensatz zu den bisherigen Festlegungen, die entweder rechtlich unverbindlich oder nur verwaltungsintern bindend sind, erfolgt hier die Festsetzung **per Rechtsverordnung**, welche Jedermann bindet.
Kartierungen *NICHT* nach END (s.a. Tab. 15)			
13	NRW	≤ 40 L_{Aeq} & ≥ **20 km²** 41-50 L_{Aeq} & ≥ **20 km²**	2 Arten von „großräumigen Ruhegebietstypen außerhalb von Siedlungsgebieten“: • „Ruhegebietstyp I“ • „Ruhegebietstyp II“ (alle 3 Zitate: IGVR, 2003, S. 16) Die Lärmberechnungen berücksichtigen keinen Flugverkehr, sondern nur Schienen u. Straßen, aber keine Gemeindestraßen. Sie erfolgen nach RLS-90 u. Schall 03, wobei die Verkehrsmengen an **Sonn- und Feiertagen** benutzt werden. Grund: Diese Tage seien besonders relevant für die (ruhebezogene) Erholung (IGVR, 2003, 2005a, 2005b).
14	Bayern	< 40 L_{Aeq} & ≥ **30 km²**	Lärmkorridore lt. RLS-90, Esswein & Schwarz-v. Raumer (2004)
15	Niederlande	< 40 $L_{Aeq, 24h}$	Gezondheidsraad (2006)
16	GB, Tranquillity Mapping	akustische und *nicht*-akustische Faktoren	Positive und negative Faktoren, welche in GIS als Gewichtungsfaktoren eingesetzt werden, s.S. 100, CPRE (2005).

Die Pegelkriterien stimmen mit den Empfehlungen überein, was nicht verwundert:

- 30-45 dB(A) für das Land
- 40-55 dB(A) für den Ballungsraum

Gleich mehrfach wird festgestellt, **dass Ruhige Gebiete**

- wegen der hohen END-Schwelle L_{DEN} > 55 dB(A) ***nicht* zu kartieren sind** und
- in der Lärmaktionsplanung nicht berücksichtigt werden können

Bestehende Definitionen für Ruhige Gebiete – Fazit aus Tab. 14 bis Tab. 16

Die 3 Tabellen zeigen, dass **aktuelle Definitionen** für Ruhige Gebiete

- im Bereich L_{DEN} = **30-55 dB(A)** liegen,
- mit einer Spannweite von 25 dB einen enormen Wertebereich überstreichen,
- oft mit zusätzlichen Kriterien (z.B. Mindestflächen) kombiniert werden,
- zwar auch Ruhe*zeit*anteile, andere akustische und nicht-akustische Faktoren berücksichtigen, dies aber oft nur qualitativ (nicht quantitativ) und
- insgesamt sehr heterogen sind

2.4.2 Anteil Belästigter bei L_{DEN} = 45 bzw. 55 dB(A)

Tab. 17 listet die Anteile der Gesamtbevölkerung auf, die sich von Flug-, Straßen- und Schienenlärm gering-belästigt (%LA), belästigt (%A) oder hoch-belästigt (%HA) fühlen.

Tab. 17: Anteil Personen, die sich gering-belästigt, belästigt oder hoch-belästigt fühlen.
Datengrundlage: Prozentzahlen aus Miedema & Oudshoorn (2001), für %HA und %A gleichbedeutend mit der aktuellen EU-Empfehlung (EU, 2002). Letztere enthält keine Angaben für %LA. Alle Pegel: LDEN.

Nr.	Lärmart	%LA = gering-belästigt		%A = belästigt		%HA = hoch-belästigt	
		45 dB(A)	55 dB(A)	45 dB(A)	55 dB(A)	45 dB(A)	55 dB(A)
1	Fluglärm	27 %	51 %	11 %	28 %	1 %	10 %
2	Straßenlärm	17 %	37 %	6 %	18 %	1 %	6 %
3	Schienenlärm	10 %	26 %	2 %	10 %	0 %	2 %

Danach fühlen sich

- **bei LDEN = 55 dB(A):**
  - hoch-belästigt: 2-10 %[201]
  - belästigt: 10-28 %
  - gering-belästigt: 26-51 %
- **bei LDEN = 45 dB(A):**
  - hoch-belästigt: 0- 1 %
  - belästigt: 2-11 %
  - gering-belästigt: 10-27 %

LDEN = 45 dB(A) ergibt zwar (statistisch) so gut wie keine Hoch-Belästigten mehr, aber es fühlen sich immer noch relativ viele Menschen belästigt (max. 11 %) oder gering-belästigt (max. 27 %). An hochwertige Ruhige Gebiete sind höhere Ansprüche zu stellen[202]:

- Gering-Belästigte sollten in hochwertigen Ruhigen Gebieten nicht auftreten

Wann das der Fall ist, lässt sich nicht mehr aus den Dosis-Wirkungs-Funktionen ablesen, weil diese für Pegel unter 45 dB(A) wegen zu geringer Fallzahlen statistisch nicht mehr signifikant und daher auch nicht definiert sind (s. Kap. 7.2, S. 289). Mit der Annahme, eine weitere Pegelabsenkung um 10 dB (~ 10 Phon ~ „halb so laut", wenn auch nicht „halb so belästigend", aber doch „um einiges weniger belästigend") sei ausreichend, um die %A- und %LA-Anteile auf nahezu Nullniveau (~ Ruhe) zu senken, bietet sich als Definition an:

- Wenn **LDEN ~ 35 dB(A)**,
  - dann liegt ein **hochwertiges potentiell Ruhiges Gebiet** vor
  - $\stackrel{\text{def}}{=}$ **pRG35**

Weitere Kriterien für Ruhige Gebiete folgen im nächsten Abschnitt.
Nicht zu finden waren Studien, die sich **gegenteiligen Fragen** widmen, z.B.:

- Wie wohltuend werden niedrige Pegel (55, 45, 35, … dB(A)) empfunden?
- Welche Pegelbereiche sind für bestimmte Erholungsaktivitäten erforderlich?
- Wie sehen die Dosis-Wirkungs-Funktionen für positive *Ruhe*wirkungen aus?

Hier besteht Forschungsbedarf.

2.4.3 Pegelkriterien als Qualität

Wie die oben zitierten Rechtsnormen, Kartieranleitungen und tatsächlichen Kartierungen zeigen, werden Ruhige Gebiete[203] häufig mit Hilfe von **LDEN-Schwellen** definiert:

- Wenn **LDEN ≤ x dB(A)**, dann liegt ein Ruhiges Gebiet vor
- Wenn **LDEN > x dB(A)**, dann liegt *kein* Ruhiges Gebiet vor

[201] Angegeben ist jeweils der Wertebereich in dem die 3 Prozentwerte (1 pro Lärmart) liegen.
[202] Siehe auch Fußnote 197 zu Nr. 4 der Tab. 15: „gold standard", was LDEN < 40 dB(A) bedeutet.
[203] Im Sprachgebrauch dieser Arbeit wäre die Vorsilbe „potentiell" hinzuzufügen. Sie wird hier weggelassen, weil die zitierten Quellen i. Allg. davon ausgehen, mit ihren Kriterien bereits die wahren Ruhigen Gebiete finden zu können.

Hier fungiert **x als Schwellenwert**, der eindeutige Ja-Nein-Aussagen gestattet. Damit lässt sich für jeden Punkt eines Untersuchungsgebietes eindeutig ermitteln, ob er zu einem Ruhigen Gebiet gehört oder nicht. Das Ruhige Gebiet lässt sich „metergenau" abgrenzen.
Ruhige Gebiete (RG) über **LDEN-Schwellen** zu definieren, hat Vor- und Nachteile (+/-):

+ einfach: Nur eine einzige Bedingung (1 Faktor) ist zu prüfen
+ eindeutig: Eine exakte räumliche Abgrenzung ist möglich
+ reproduzierbar: Verschiedene Kartierer liefern dieselben Ergebnisse[204]
- voreilig: Die RG sind zu wenig erforscht, als dass sie jetzt schon anhand nur eines Faktors (LDEN) bestimmt werden können, s. Kap. 2.3.4, S. 91
- 2-fach unrealistisch: Die RG hängen einerseits von multiplen Wirkfaktoren ab, andererseits gehen von ihnen selbst multiple Wirkungen aus. Ihre Festlegung sollte daher in Abhängigkeit vom lokalen Kontext erfolgen, nicht jedoch über einen kontextunabhängigen, allgemeingültigen und fixen LDEN-Wert

Es mag daher auch nicht überraschen, dass die zitierten LDEN-Definitionen einen weiten Bereich von 30-55 dB(A) überstreichen und bis zu 25 dB voneinander abweichen. Das alles spiegelt nur wider, was oben bereits festgestellt wurde (Kap. 2.3.8, S. 105):

- **LDEN** ist *nur **einer*** **von vielen** Faktoren
- Erst alle Faktoren gemeinsam bestimmen, ob wirklich ein Ruhiges Gebiet vorliegt (wRG in Abb. 5)
- ⇨ **Ruhige Gebiete können** nach heutigem Kenntnisstand ***nicht*** **über ein Einzelkriterium *abschließend* kartiert** werden, schon gar nicht über eine einzige rein akustische Pegelgröße wie den LDEN

LDEN-Schwellen werden der komplexen Vielfalt der realen Welt auch hier nicht gerecht.

LDEN-Qualitäten statt LDEN-Schwellen

Daher verwendet die vorliegende Arbeit keine LDEN-Schwellen, sondern **LDEN-Qualitäten** (Abb. 5, s. nächste Seite):

- *Jedem* Gebiet G wird eine **Qualität x** zugeordnet, die angibt, wie sehr es sich *allein* aufgrund des *einen* Faktors **LDEN** und der *einen* Lärmart Y als Ruhiges Gebiet eignet:
  - Wenn: $L_{DEN}(G, Y) \leq x$ dB(A)
  - dann: Gebiet G besitzt bzgl. der Lärmart Y die Ruhe**qualität** x
  - dann: ein ***potentiell*** **Ruhiges Gebiet pRGx** = pRGx(Y) liegt vor[205]
- Klassische Lärmkarten stellen diese LDEN-Qualität dar – mehr nicht
  - Beispiel: Abb. 34b (S. 218) zeigt die LDEN-Qualität in 10 dB breiten Klassen[206]
- Da das Qualitätskriterium nur auf LDEN beruht, muss vorsichtig von ***potentiell*** **Ruhigen Gebieten** – ***p*RGx** – gesprochen werden. Erst wenn alle anderen positiven und negativen Faktoren die durch LDEN gegebene „Erstbeurteilung" bestätigen oder zumindest nicht widerlegen, liegt ein ***wahres*** **Ruhiges Gebiet (*w*RG)** vor

[204] Wie die Parameterstudien in Kap. 5 u. 6 zeigen, gilt das nur für den Idealfall, dass alle Kartierer in ihren Akustik-Modellen dieselben Parameterwerte wählen. In realen Kartierungen ist das gerade nicht der Fall.
[205] Die Ruhequalität ist eine Mindestqualität: Innerhalb von G gibt es i. Allg. Bereiche mit LDEN < und ≪ x dB(A).
[206] Im Vorgriff auf die Pegelklassen der Tab. 61 (S. 260), eingeführt auf S. 212, gilt: Die Qualität x = 35 ist identisch mit der Klasse „-80-35", die Qualität x = 45 mit „-80-35" **und** „35,1-45", da x = 45 bedeutet: LDEN ≤ 45 dB(A). Andererseits lässt sich die Klasse „35,1-45" auch schreiben als **pRG3545** (s. Nr. 6 in Tab. 18, S. 116).

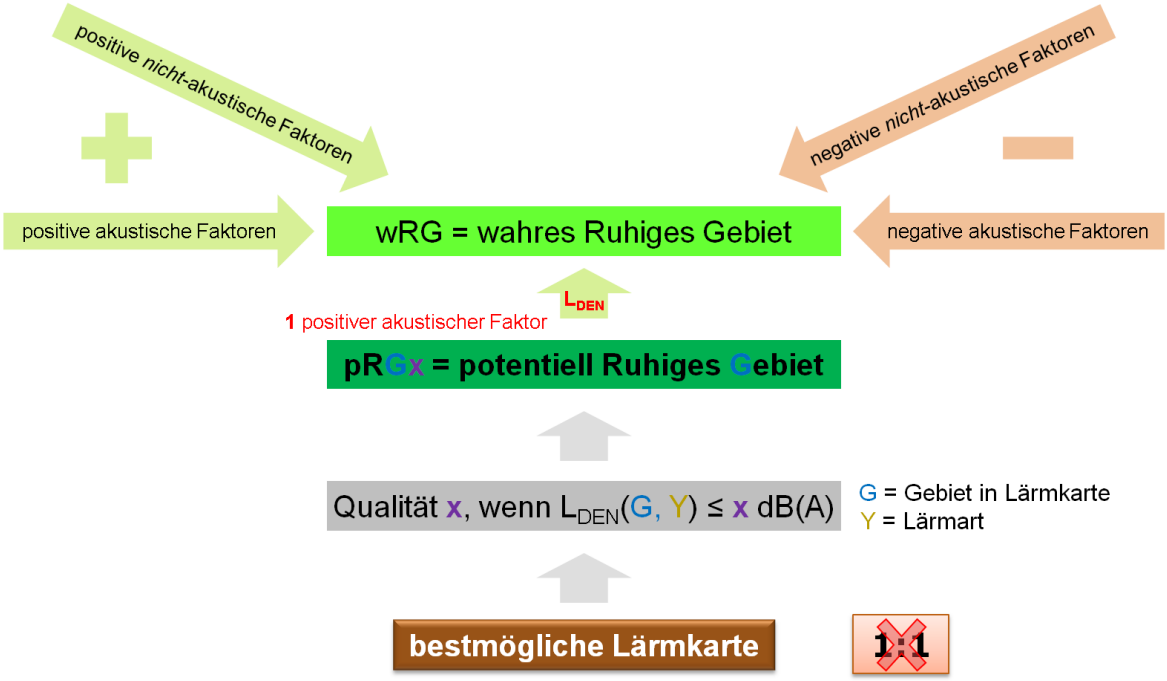


Abb. 5: Wahre und potentiell Ruhige Gebiete: LDEN-Qualität und andere Faktoren.

Tab. 18 enthält eine Übersicht der oben eingeführten **Nomenklatur** (s.a. Abb. 5).

Tab. 18: Nomenklatur der Ruhigen Gebiete.

Nr.	Abk.	Nomenklatur	Beschreibung
1	-	LDEN-Kriterium LDEN-Definition	• **LDEN(Y) ≤ x dB(A)** • **x** = frei wählbare Zahl, **Y** = Lärmart = STR, SCH, FLG, GES, ... • x interpretierbar als **Schwelle oder Qualität**
2	-	LDEN-Schwelle	• Wenn LDEN ≤ x dB(A), *dann und nur dann* liegt ein Ruhiges Gebiet vor, ansonsten nicht • Ja-Nein-Aussage i.S. einer Ausschlussbedingung • x = Schwellenwert bzw. Filter i.S.v. Abb. 7/Abb. 53, S. 122/269
3	-	**LDEN-Qualität**	• Wenn **LDEN ≤ x dB(A)**, dann liegt die **Ruhequalität x** vor • Aussage zur Ruhequalität eines Gebietes anhand des einen Faktors LDEN • x = Qualitätskriterium, kein Schwellenwert
4	pRG	potentiell Ruhiges Gebiet	• potentiell = *möglich* oder *denkbar* • allgemein: nur „ruhig" bzgl. des benutzten Modells • speziell: nur „ruhig" bzgl. des einen Faktors LDEN • Risiko von Fehlern 1. und 2. Art, da mit LDEN nur 1 akustischer Faktor berücksichtigt wird, s. Abb. 6, S. 120 • Weitere Faktoren sind zu kartieren, damit der Zusatz „potentiell" entfallen kann, s. Abb. 5
5	**pRGx**	potentiell Ruhiges Gebiet der Qualität x	• pRG, in dem überall gilt: LDEN ≤ x dB(A), x = Mindestqualität • Hier: Die pRGx werden einer bestmöglichen Lärmkarte entnommen, die mit Akustik-Software berechnet wird, END-konform ist und *alle* Lärmquellen (*alle* Straßen und *alle* Schienen, 1 Flughafen) enthält, s. Kap. 1.5, S. 76 und Abb. 5 • pRGx sind z.B. über Raster- o. Fassadenpegel identifizierbar: o RAS: ruhiger Außenraum o FAS: ruhige Fassaden ⇨ ruhiger Wohn-/Innenraum • pRGx sind umfassend zu verstehen: Lage, Flächengröße u.a. spielen *keine* Rolle (s.a. Kap. 9.3, S. 361), d.h. sie können im Innen- u. Außenraum liegen, von beliebiger Größe sein – vom Großgebiet

Nr.	Abk.	Nomenklatur	Beschreibung
		wertvolle pRGx **hochwertige** pRGx	(~1.000 km²) bis zum Balkon (~1 m²) inkl. ruhiger Fassaden, d.h. niedriger Fassadenpegel (FAS) nach VBEB – etc. • **x ≤ 55**, z.B. pRG35, pRG45 o. pRG55, s.a. S. 117: Tab. 19, Nr. 13 • **x = 35**, d.h. **pRG35** – in dieser Arbeit als *Schwerpunkt* betrachtet • x wird weggelassen, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind oder die Aussage für beliebige x gilt
6	pRGyz	potentiell Ruhiges Gebiet mit Qualität zwischen y und z	• y dB(A) < L_{DEN}(Y) ≤ z dB(A) o **y, z** = frei wählbare Zahlen o **Y** = Lärmart = STR, SCH, FLG, GES, ... • Verallgemeinertes L_{DEN}-Kriterium: o In Nr. 1 gilt: y = -∞ und daher wird y dort weggelassen
7	wRG	wahres Ruhiges Gebiet	• Ergibt sich aus einer „allumfassenden" Kartierung, die alle Faktoren f_i mit ihren spezifischen Qualitäten Q_i berücksichtigt, inkl. Wechselwirkungen usw. (s. Abb. 5 und S. 325) • Theoretisches Konstrukt, fiktive Bezugsgröße („Referenz")
8	RG	Ruhiges Gebiet	• Oberbegriff: umfassend zu verstehen, analog pRGx, s. Nr. 5 • rein rechtlicher Status, z.B. ein im Lärmaktionsplan festgelegtes RG

Welche L_{DEN}-Qualität sollte ein hochwertiges pRGx besitzen?

Tab. 19 liefert Antworten auf folgende Fragen:

A) Welche Sachverhalte sprechen für L_{DEN}-Qualitäten, welche für L_{DEN}-Schwellen?

B) Welche Sachverhalte sprechen für x = 35, welche für andere Qualitäten x ⋚ 35?

x = 35 wird im Vorgriff auf die Ergebnisse als Bezugspunkt gewählt. Der Wert entspricht in etwa der unteren Grenze des in Kap. 2.4.1 u. 2.4.2 ermittelten Wertebereichs x = 30-55. Die Tabelle verwendet z.T. schon Ergebnisse aus Kap. 6-9.

Tab. 19: Warum L_{DEN}-Qualitäten? – warum schwerpunktmäßig pRG35?

Legende: „Spricht für" = Welche Wahl sollte angesichts des beschriebenen „Sachverhalts" getroffen werden: L_{DEN}-Schwelle oder L_{DEN}-Qualität bzw. x-Wert oder Wertebereich. „Gewicht" = Welche Bedeutung (welches Gewicht) besitzt die „Spricht für"-Aussage. Subjektive Bewertungsskala von +++ bis ---, d.h. sehr hohes bis sehr niedriges Gewicht, Bewertung aufgrund der Erfahrungen des Autors.

Nr.	Sachverhalt	Spricht für	Gewicht
A	**L_{DEN}-Schwellen *oder* L_{DEN}-Qualitäten?**		
1	L_{DEN} ist nur einer von vielen Faktoren, die bestimmen, ob äußere und vor allem innere Ruhe vorliegen. Eine L_{DEN}-Schwelle ist ein rigoroses, nur auf einem Faktor beruhendes K.-o.-Kriterium, das viele Gebiete herausfiltert, die tatsächlich aufgrund anderer Faktoren wRG sind.	L_{DEN}-Qualität	+++
2	Eine L_{DEN}-Schwelle suggeriert einen sicheren Wissensstand, obwohl in Wirklichkeit bei vielen Fragen noch Wissenslücken bestehen. Durch L_{DEN}-Qualitäten kann flexibler auf örtliche Besonderheiten und Änderungen im Planungsprozess reagiert werden (s.a. Nr. 8). Die schlechten Erfahrungen mit den DTV-, Pegel- u. sonstigen Schwellen der END sprechen auch hier gegen Schwellenwerte.	L_{DEN}-Qualität L_{DEN}-Qualität L_{DEN}-Qualität	++ ++ +++
3	Eine L_{DEN}-Schwelle ist eindeutig und einfach anwendbar, sie erspart Diskussionen, Einzelfallbeurteilungen und -entscheidungen.	L_{DEN}-*Schwelle*	+++
4	Die L_{DEN}-Lärmkarten hängen von ca. 50 Parametern ab. Dadurch können bei unterschiedlichen Kartierern Abweichungen von bis zu ca. 15 dB auftreten. Deshalb hängen bei einer L_{DEN}-Schwelle auch die Ruhigen Gebiete stark vom Kartierer ab.	L_{DEN}-Qualität	++
5	Bestmögliche (vollständige) Lärmkarten decken den gesamten L_{DEN}-Bereich ab, so dass GIS-Analysen für beliebige x durchführbar sind.	L_{DEN}-Qualität, x beliebig	+ +
6	Hoher Aufwand, wenn viele x analysiert werden. ⇨ Rechtfertigt die Analyse von pRGx mit nur einem x-Wert, so wie in dieser Arbeit geschehen, nicht aber x = 35	L_{DEN}-*Schwelle* 1 L_{DEN}-Qualität 1 x, x = beliebig	++ ++ ++

<table>
<tr><th>Nr.</th><th>Sachverhalt</th><th>Spricht für</th><th>Gewicht</th></tr>
<tr><td>B</td><td colspan="3">pRG35 oder andere pRGx-Qualitäten?</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Ohne einen konkreten x-Wert sind keine GIS-Analysen möglich.</td><td>x = beliebig</td><td>Entfällt</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Bestmögliche Lärmkarten gestatten bei einem Anfangswert von x = 35 nachträglich immer noch, beliebige andere x-Werte zu analysieren, so dass flexibel auf besondere örtliche Situationen oder Planungsaufgaben reagiert werden kann und diese bewältigt werden können (s.a. Nr. 2).
⇨ pRG35 können um Teile angrenzender pRG30 oder pRG40 (oder beliebiger pRGx) vergrößert/verkleinert werden</td><td>x = beliebig

x = 35</td><td>+++

Entfällt, nur Bsp.</td></tr>
<tr><td>9</td><td>pRGx von hoher Qualität entstehen bei „kleinen“ x-Werten.</td><td>x „klein“</td><td>++</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Bandbreite der Grenzwerte: 40-55 dB(A), s. Tab. 14, S. 109.</td><td>x < 55</td><td>+</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Bandbreite der Empfehlungen: 30-55 dB(A), s. Tab. 15, S. 110.</td><td>x < 55</td><td>++</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Bandbreite der Kartierungen: 30-55 dB(A), s. Tab. 16, S. 112.</td><td>x < 55</td><td>++</td></tr>
<tr><td>13</td><td>Qualitativ hochwertige Schutzgebiete wie pRGx sind meistens „selten“.
<u>Analogie</u>: Die Fläche für Biotopverbund (§ 20 Abs. 1 BNatSchG) soll
• „... mindestens 10 Prozent der Fläche eines jeden Landes umfassen ...“
Für Hessen gilt (s. Tab. 69, S. 281: 10-m-Raster, nur „echte“ RAS-Pegel):
<table>
<tr><th rowspan="2">Lärmart</th><th colspan="5">Flächenanteil der pRGx in Hessen</th></tr>
<tr><th>pRG25</th><th>pRG30</th><th>pRG35</th><th>pRG40</th><th>pRG45</th></tr>
<tr><td>STR</td><td>2,6 %</td><td>5,8 %</td><td>12,2 %</td><td>23,5 %</td><td>39,6 %</td></tr>
<tr><td>GES</td><td>1,7 %</td><td>4,2 %</td><td>9,5 %</td><td>19,2 %</td><td>34,5 %</td></tr>
</table>
⇨ pRG30 sind eher zu selten, pRG40 oder gar pRG45 zu häufig
⇨ pRG35 sind vergleichbar selten (~10 %)</td><td>x = 25
x = 30
x = 35
x = 40
x = 45</td><td>--
+
+++
+
--</td></tr>
<tr><td>14</td><td>Die Genauigkeit dL der berechneten Pegel ist umso besser, je kleiner der Abstand r zwischen Immissionspunkt und Quelle.[207]
⇨ Pegel umso zuverlässiger, desto größer x [= desto kleiner r]</td><td>x ~ 35
x ≫ 35</td><td>--
++</td></tr>
<tr><td>15</td><td>Bei GES-Berechnungen werden je nach verwendeter Dosis-Wirkungs-Funktion unterschiedliche Zuschläge vergeben, s. Kap. 7.2.2, S. 289.
Von den Zuschlägen unbeeinflusst bleiben folgende Qualitäten:
• x = 35 für alle (bekannten) Dosis-Wirkungs-Funktionen
• x = 35 und 40 für die Dosis-Wirkungs-Funktionen dieser Arbeit
Die pRGx mit x ≳ 45 hängen von Zuschlägen ab, s. Fußnote 536, S. 298</td><td>

x = 35
x = 35 o. 40
x = 45 o. > 45</td><td>

+
+
-</td></tr>
<tr><td>16</td><td>In HEplus gilt für den Straßenlärm (STR):
• Mittelwert - Standardabweichung = 47,7 dB(A) - 11,8 dB(A)
= 35,9 dB(A)
⇨ 15,9 % der Pegel in HEplus liegen unter 35,9 dB(A), da Lden annähernd normal-verteilt ist (Abb. 57, S. 276)</td><td>x ~ 35</td><td>+</td></tr>
<tr><td>17</td><td>Die 3 niedrigsten Mittelwerte der 430 hessischen Gemeinden lauten:
• bei STR: 30,4 – 30,7 – 34,3
• bei GES: 30,8 – 35,5 – 35,9, alle in dB(A), s. Prioritätenliste (Anhang)</td><td>x ~ 35</td><td>+</td></tr>
<tr><td>18</td><td>Die einzelnen pRG40 sind i. Allg. nur geringfügig größer als die korrespondierenden pRG35-Objekte. Die 2 größten vollständig neuen pRG40 sind mit 8,5 km² relativ klein.</td><td>x = 35 o. 40</td><td>++</td></tr>
</table>

[207] Beispiele (Legende: s.u.):

a) DIN ISO 9613-2 (1999): Breitbandquelle unter Mitwindbedingungen *ohne* Reflexionen und *ohne* Abschirmung:
- Wenn 0 m < r < 100 m, dann gilt für 0 m < h < 5 m: dL ~ ±1 dB
- Wenn 0 m < r < 100 m, dann gilt für 5 m < h < 30 m: dL ~ ±3 dB
- Wenn 100 m < r < 1.000 m, dann gilt für 0 m < h < 30 m: dL ~ **±3 dB**
- Wenn 1.000 m < r, dann werden *keine* Angaben zur Genauigkeit gemacht

b) HARMONOISE (2005) u. IMAGINE (2004): Speziell für die dort betrachtete Berechnungsmethode, s.a. Kap. 2.2.4, S. 86:
- Wenn 0 m < r < 100 m, dann gilt allgemein: dL ~ ±1 dB
- Wenn 100 m < r < 2.000 m, dann gilt für flache Umgebung oder hinter der 1. Hausfront: dL ~ ±2 dB
- Wenn 100 m < r < 2.000 m, dann gilt für hügelige Umgebung oder hinter der 2. Hausfront: dL ~ **±5 dB**
- Wenn städtische Umgebung, dann gilt allgemein: dL ~ **±5 dB**
- Wenn 2.000 m < r, dann werden *keine* Angaben zur Genauigkeit gemacht

<u>Legende</u>: r = Entfernung Quelle-Immissionspunkt, h = mittlere Höhe von Quelle und Empfänger,
dL = einfache Standardabweichung, 95%-Konfidenz-Intervall. Weitere Details: s. die zitierten Literaturquellen.

Nr.	Sachverhalt	Spricht für	Gewicht
19	L_{DEN} < 55 dB(A) vermeidet *Hoch*-Belästigte weitgehend (%HA < 10 %, s. Kap. 2.4.2, S. 113), ABER: Belästigte und *Gering*-Belästigte treten weiterhin auf und auch empfindliche Bevölkerungsgruppen (Kinder, ältere Menschen, chronisch Kranke etc.) bleiben betroffen. ⇨ **-20 dB** zur Risikovorsorge und um ruhebedingtes Wohlbefinden mit großer Wahrscheinlichkeit zu gewährleisten (55 - 20 = 35)	x ~ 35	+++
20	L_{DEN} < 45 dB(A) vermeidet Belästigte weitgehend (%A < 11 %), ABER: Gering-Belästigte (bis zu 27 %) treten weiterhin auf etc. – analog Nr. 19 ⇨ **-10 dB** zur Risikovorsorge etc. – analog Nr. 19 (45 - 10 = 35)	x ~ 35	+++
21	x < 35 erhöht etwas den Modellierungsaufwand: größeres Modellgebiet, größerer Suchradius und längere Rechenzeit ⇨ x > 35 ist „einfacher".	x < 35 x > 35	- +

Aus Tab. 19 ergibt sich für verschiedene Qualitäten x folgende Gesamtbewertung:

- **x ≪ 55** ist für *hochwertige* pRGx zwingend zu fordern
- **x = 45** scheidet wegen Nr. 13 und 20 aus
- **x < 30** ergibt nach Nr. 13 zu wenige pRG (< 3 %) und entfällt daher
- **30 ≤ x ≤ 40** kommt als geeigneter Wertebereich in Betracht:
  - ⇨ **x = 30**: ergibt eher zu wenige pRG (~4-6 %)
  - ⇨ **x = 35**: ergibt pRG in „schutzgebietstypischer Menge" (~10 %), außerdem: x = 35 liegt in der Mitte zwischen 30 und 40
  - ⇨ **x = 40**: ergibt eher zu viele pRG (~20 %)

⇨ **x = 35** ist für **hochwertige** pRGx am plausibelsten
≙ **pRG35**, d.h. im gesamten Gebiet gilt: **L_{DEN} ≤ 35 dB(A)**

Eine streng logische und eindeutige Rechtfertigung für x = 35 existiert nicht. Sie würde auch dem multifaktoriellen Charakter der Ruhigen Gebiete widersprechen und ist zudem nicht erforderlich. Denn egal welcher x-Wert gewählt wird, stets gilt es, folgende **„Regel zur Anwendung der pRGx"** zu beachten (Tab. 19, Nr. 5-8):

- Die pRGx, x = fester Wert, sind eine 1. Abschätzung (= 1. Näherung) für die wRG

Kartierung und Planung von Ruhigen Gebieten sollte sich durch ein Höchstmaß an Flexibilität auszeichnen. Dogmatisch angewandte Kriterien jeglicher Art – sei es ein x-Wert[208] oder der Wert eines anderen akustischen oder nicht-akustischen Faktors – verbieten sich angesichts des derzeitigen Kenntnisstandes, weil sie eher in die Irre als zu sachgerechten Lösungen führen. Um dem flexiblen Konzept der pRGx-Qualitäten gerecht zu werden, dürfen sich die Analysen nicht auf einen fixen x-Wert (z.B. x = 35) beschränken. Andererseits ist es rein aufwandsbedingt nicht möglich, beliebige x-Werte zu untersuchen. In dieser Arbeit besteht der Kompromiss darin, ein abgestuftes Analysenkonzept zu verfolgen:

- **x = 35**: *immer* betrachten, da **hochwertige pRG35** im **Mittelpunkt** stehen
- 35 < x ≤ 55: *teilweise* betrachten, v.a. im Siedlungsraum, wo es keine pRG35 gibt
- x > 55: *selten* betrachten, wenn, dann bzgl. Lärmbelastung/-bekämpfung
- x < 35: *nicht* betrachten, da in x = 35 enthalten (Ausn.: Nr. 13 in Tab. 19)

Nur mit *bestmöglichen* Lärmkarten, die *alle* Lärmquellen beinhalten und den *gesamten* Pegelbereich abdecken, lassen sich *nachträglich* auch beliebig *andere* x-Werte analysieren.

---

[208] Beispiel: Gegeben seien ein pRG35 und eine angrenzende (große) Fläche F mit L_{DEN} = 35-40 dB(A). Beide unterscheiden sich ansonsten (landschaftsökologisch etc.) nicht – z.B. bilden das pRG35 und F zusammen ein geschlossenes Waldgebiet.
1) x = 35 als L_{DEN}-Schwelle: F zählt nicht zum pRG, obwohl keine oder nur geringe Unterschiede bestehen
2) x = 35 als L_{DEN}-Qualität: F *kann* aufgrund seiner ähnlichen Eigenschaften zum pRG gezählt werden

Anmerkung zu 1): Gegenüber dem Inneren des pRG35 können größere Pegeldifferenzen auftreten, da es sich bei x um eine Mindestqualität handelt und bei der Angabe „pRGx" die Maximalqualität nicht mitgeteilt wird (s. Nr. 5 u. 6 in Tab. 18).

Fehler 1. und 2. Art

Unabhängig davon, ob man das LDEN-Kriterium LDEN ≤ x dB(A) als Schwelle oder Qualität interpretiert, stets können 2 Arten von Fehlern auftreten (Tab. 20 und Abb. 6):

Tab. 20: LDEN und Wirklichkeit: Fehler 1. u. 2. Art bei der Kartierung Ruhiger Gebiete, hier: pRG35.

			Ruhiges Gebiet …	… in Wirklichkeit	
Fall	Beispiel pRG35	LDEN-Kriterium erfüllt	… in Lärmkarte	vorhanden	nicht vorhanden
1	LDEN ≤ 35 dB(A)	Ja	vorhanden	OK	Fehler 1. Art
2	LDEN > 35 dB(A)	Nein	nicht vorhanden	Fehler 2. Art	OK

Fall 1 = **Fehler 1. Art**:

- Das LDEN-Kriterium trifft zu

⇨ Es wird ein Ruhiges Gebiet kartiert, aber in Wirklichkeit befindet sich dort keins

  - Abb. 6, grüne Flächen (1.): als pRG35 kartiert, aber kein wRG vorhanden[209]

Fall 2 = **Fehler 2. Art**:

- Das LDEN-Kriterium trifft *nicht* zu

⇨ Es wird *kein* Ruhiges Gebiet kartiert, aber in Wirklichkeit befindet sich dort eins

  - Abb. 6, blaue Flächen außerhalb der grünen (2.): kein pRG35, aber wRG[210]

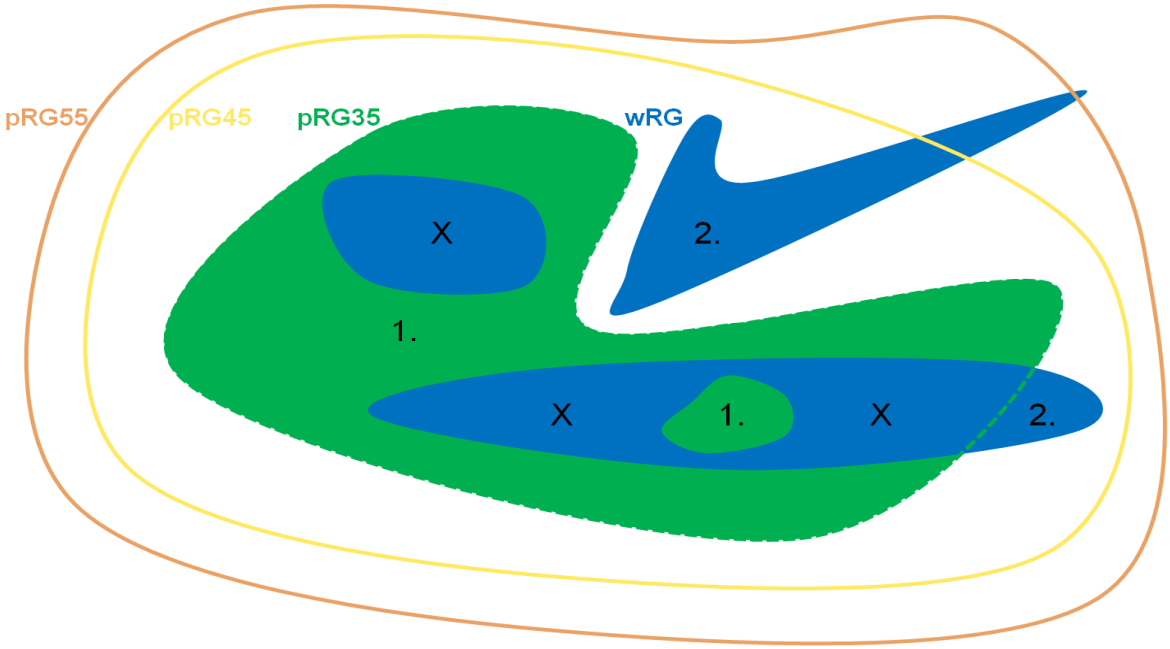


Abb. 6: Fehler 1. und 2. Art bei der Kartierung Ruhiger Gebiete.

Legende: grün = pRG35, gelb = pRG45, orange = pRG55, blau = wRG.

„1." = Bereiche, wo Fehler 1. Art auftreten

„2." = Bereiche, wo Fehler 2. Art auftreten

„X" = Bereiche, wo keine Fehler auftreten, d.h. wo gilt: pR35 = wRG

Beachte: Die grüne pRG35-Fläche setzt sich in der gestrichelten Umrandung unter den blauen wRG fort.

---

[209] Beispiele für Fehler 1. Art: kurzzeitige Geräuschspitzen, die sich im LDEN nicht genügend niederschlagen; nicht-kartierte Lärmarten; negative nicht-akustische Faktoren (Gerüche, Freileitungen usw.) führen zu pRG35 ≠ wRG, s.a. Tab. 13, S. 100.

[210] Beispiele für Fehler 2. Art:

1) LDEN liegt nur knapp über x, z.B. LDEN = 36 dB(A) > x = 35 dB(A). Bei dieser geringen Pegeldifferenz wird Ruhe nicht urplötzlich zerstört, das wRG kann auch den Bereich bis 36 dB(A) mit einschließen, s.o.: Fußnote 208

2a) LDEN liegt deutlich über x, aber andere positive Faktoren kompensieren die schlechte LDEN-Qualität

2b) LDEN liegt deutlich über x, aber in der Umgebung nimmt LDEN noch höhere Werte an, so dass im Vergleich zum Umfeld immer noch ein **relativ Ruhiges Gebiet** vorliegt, s.S. 112: Tab. 16, Nr. 8 u. 10: „-6 dB"-Kriterium sowie S. 110: Tab. 15, Nr. 10: „-20 dB"-Kriterium

3. Projektmanagement

Mit diesem Kapitel beginnt die Umsetzung des Lösungsansatzes (s.S. 8 ff. u. Kap. 1.5, S. 76) in die Praxis durch eine Beschreibung des Projektmanagements. Erläutert werden: Ziel, Konzept und Technik der vorliegenden Arbeit (Kap. 3.1), Prozesse, Bausteine und Arbeitsschritte der durchgeführten Kartierungen (Kap. 3.2), die zehn strategischen Grundsätze (Kap. 3.3) sowie die Modelle und der modulare Aufbau der Arbeit (Kap. 3.4).

3.1 Ziel, Konzept und Technik

3.1.1 Ziel

Das Hauptziel (s.S. 8 ff.) besteht darin, hochwertige, faire und großflächige (> 10.000 km²) Akustik-Modelle aufzubauen und damit **bestmögliche Lärmkarten** zu generieren[211], die zuverlässige Antworten liefern auf die beiden zentralen Fragen:

- Wo sind die Lärmbelastungen wie groß?
- Wo liegen die potentiell Ruhigen Gebiete?

Lärmaktionsplaner, andere Planer und Akteure können die Karten vielfältig nutzen:

1. um Lärm zu bekämpfen und gleichzeitig Ruhige Gebiete zu schützen
2. um lärmbedingte Gesundheitsschäden, Belästigungen u. Nachteile zu verhindern
3. um Gesundheit, Lebensqualität und Wohlbefinden vieler Menschen zu verbessern

3.1.2 Konzept

Jedes Ziel lässt sich i. Allg. über verschiedene Lösungsansätze (Kap. 1.5, S. 76) und Methoden (Kap. 2, S. 80) erreichen. Von diesen sind jene besonders attraktiv, die aufgrund gesetzlicher Verpflichtungen regelmäßig angewandt werden *müssen*, aber in der Vergangenheit zu kritischen Defiziten geführt haben und wo deshalb dringender Handlungsbedarf besteht (Tab. 7, S. 74). Von den in Kap. 2 vorgestellten Methoden gilt das in vollem Umfang für Akustik-Software (Kap. 2.1.3, S. 81), denn Deutschland und alle anderen EU-Staaten *müssen* diese Methode mindestens alle 5 Jahre anwenden (Kap. 2.2.1, S. 85) und die bisher erstellten END-Lärmkarten besitzen tatsächlich große Mängel (Kap. 1.4, S. 74).
Deshalb wird hier die **Entscheidung** getroffen, das Hauptziel dieser Arbeit (s.o.) über folgendes **Konzept und** mit folgenden **Methoden** zu verwirklichen:

a) mit den aktuell vorgeschriebenen Berechnungsmethoden (VBUS & Co)
b) mit den momentan verfügbaren Daten (keine Neuerhebungen)
c) mit standardmäßig verfügbarer Hard- und Software

Gegenüber den 1:1-Kartierungen lautet die **einzige Änderung** (Abb. 7):

d) **3 von 4 END-Schwellen** (= Nr. 5-7[212] in Tab. 7, S. 74) werden **aufgehoben**:
   - *alle* Lärmquellen – konkret *alle* Straßen u. *alle* Schienen – werden berechnet
   - der *gesamte* Pegelbereich wird betrachtet
   - Ballungsraum und Land werden *einheitlich* in gleicher Qualität kartiert

Damit sind die hier durchgeführten Lärmkartierungen END-konform.[213]

---

[211] Siehe z.B. S. 8 ff. und Kap. 1.5, S. 76, insb. Nr. 4a/b sowie Abb. 4, S. 77.
[212] Die 4. END-Schwelle (Nr. 4 in Tab. 7) – „nur 4 Lärmarten" – wird nicht aufgehoben, d.h. es werden keine über die END hinausgehenden Lärmarten einbezogen. Im Gegenteil: Kartiert werden nur 3 der 4 END-Lärmarten. Allerdings spielt die 4. Lärmart (VBUI) bei einer strategischen Lärmkartierung i. Vgl. zu den 3 anderen nur eine untergeordnete Rolle, s.S. 132.
[213] Die Vorsilbe „Mindest" in den Mindestanforderungen der END verbietet nicht, mehr zu tun.

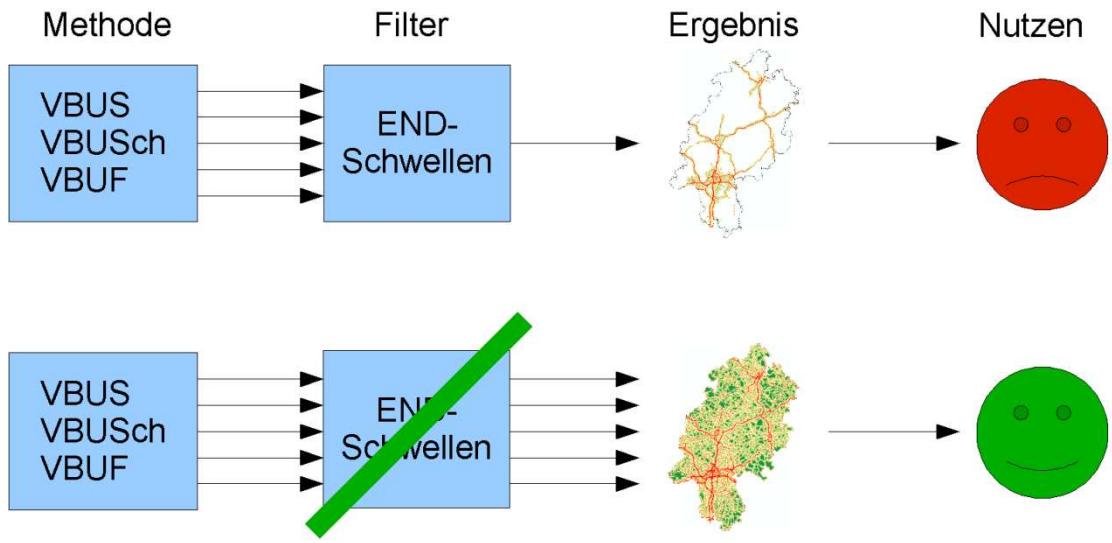


Abb. 7: Konzept: Lärmkartierung nach END, aber ohne END-Schwellen.

Die Entscheidung hat den Vorteil, dass sich das Vorgehen und die damit gemachten Erfahrungen sofort auf andere END-Kartierungen übertragen lassen. Angesprochen sind hier vor allem die für Lärmkartierung oder Lärmaktionsplanung zuständigen Behörden. Sie können den hier erprobten Lösungsansatz umgehend anwenden.
Bewusst und zwangsläufig bewegt sich die Arbeit damit in den **Systemgrenzen des A-bewerteten Dauerschallpegels LDEN** (s. Kap. 1.5, S. 76, insb. S. 78), obwohl dieser nur bedingt geeignet ist, Lärm und Ruhe realistisch zu erfassen. Psychoakustische und nicht-akustische Einflussfaktoren bleiben als systembedingte Defizite außen vor. Sie sind im Einzelfall ergänzend zu berücksichtigen. Trotzdem wird genau dieser Weg gewählt, weil er für die END (und andere Kartierungen) in hohem Maße praxisrelevant ist und eine **„akustische Wende" nicht absehbar** ist.
Bis dahin gilt es, wenigstens alle Möglichkeiten innerhalb des **LDEN-Systems** voll auszuschöpfen und **„systemkonforme" Lärmkarten *bestmöglich*** herzustellen.

3.1.3 Technik

Hardware
Als Hardware für die Erstellung und Analyse der Akustik-Modelle kommen zum Einsatz:

- 1 Notebook mit Intel Core 2 Duo Processor T7500 (2.20 GHz), 2 GB RAM
- 1 PC mit Dual CPU Intel Xeon Processor E5420 (2.50 GHz), 32 GB RAM, 64-bit-Windows

Für die Berechnungen steht u.a. zur Verfügung:

- 1 Rechencluster aus 5 PCs mit Quad-Core Intel Xeon Processor X 5365, 4 GB RAM

Software
Als Software werden folgende Produkte eingesetzt:

- Akustik-Software: CadnaA der Fa. DataKustik, Version 3.6-4.2
- GIS: ArcGIS mit Spatial Analyst der Fa. ESRI, Version 9.1-10
- Statistiken u. Tests: EXCEL 2007 und EXCEL 2010 der Fa. Microsoft
- Dokumentation: Word 2007 und Word 2010 der Fa. Microsoft

Alle Schallausbreitungsberechnungen erfolgen mit CadnaA, kartografische Darstellungen meist mit ArcGIS und kritische Arbeiten mit beiden Programmen (s.S. 125: Tab. 21, Nr. S9).
Den typischen Prozessablauf einer Lärmkartierung zeigt Abb. 8 (S. 123).

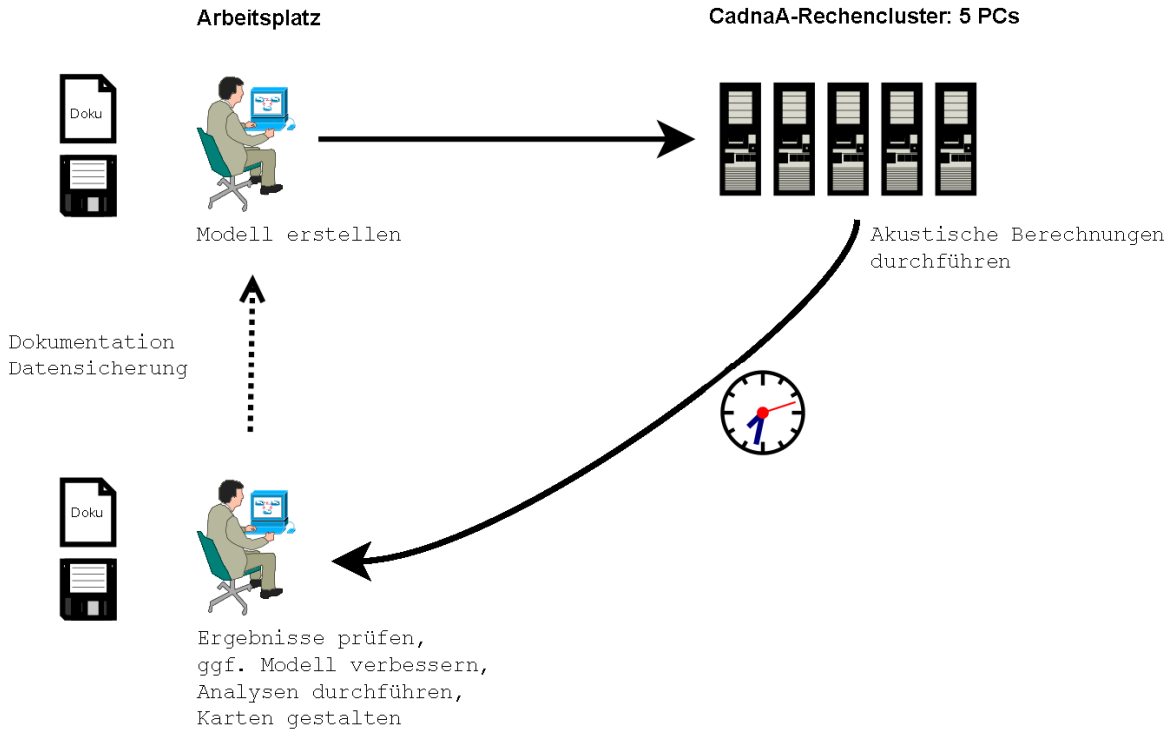


Abb. 8: Prozessablauf einer Lärmkartierung: Modellerstellung – Berechnung – Ergebnisanalyse.

3.2 Prozesse, Bausteine und Arbeitsschritte

Abb. 9 (s. nächste Seite) zeigt, aus welchen einzelnen Aktivitäten (Prozessen, Bausteinen und Arbeitsschritten) die hier durchgeführten Lärmkartierungen bestehen, wie diese voneinander abhängen und wie die gesamte Prozesskette durch das eingeführte Projektmanagement kontinuierlich verbessert (optimiert) wird. Grundsätzliche Probleme entstehen, weil viele Prozesse sich wechselseitig beeinflussen und nicht alles optimiert werden kann, was optimierbar ist (Randbedingungen).

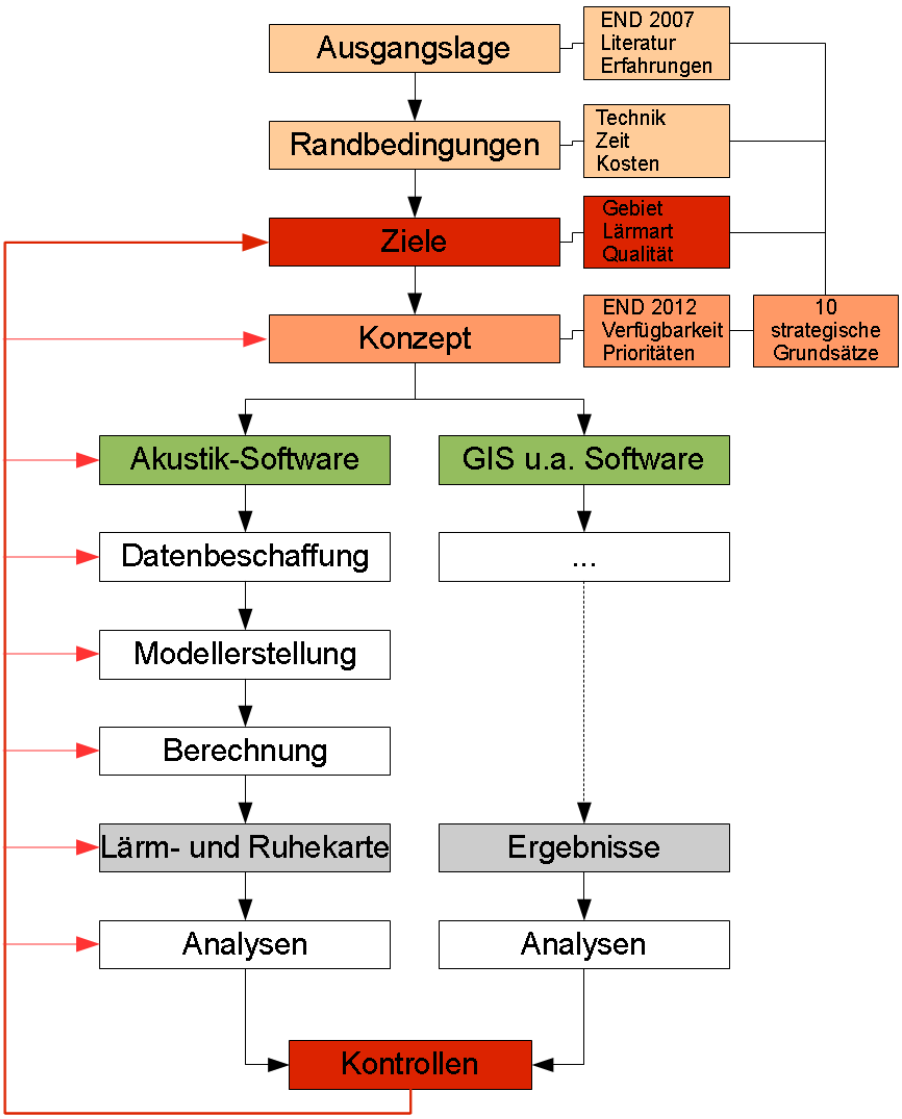


Abb. 9: Prozesskette – Bausteine und Arbeitsschritte der Lärmkartierungen dieser Arbeit.

Die **Ziele** werden durch die **Ausgangslage** motiviert und durch **Randbedingungen** limitiert. Außerdem hängen sie vom kartierten **Gebiet**, den kartierten **Lärmarten** und der angestrebten **Qualität** ab. Da nicht alle prinzipiell erreichbaren Ziele auch realisierbar sind (Aufwand), werden anhand von Prioritäten nur solche verfolgt, die einen hohen praktischen Nutzen der Arbeit für die END 2012 ff. garantieren (s.S. 121, Nr. a-d).

Das unter diesen Umständen entwickelte **Konzept** zeichnet sich dadurch aus, dass möglichst alle wichtigen Arbeitsschritte **2-gleisig** und damit unabhängig voneinander mit 2 Software-Produkten durchgeführt werden:

- **Akustik-Software**: CadnaA – Abb. 9, linker Zweig
- **GIS u.a. Software**: ArcGIS und EXCEL – Abb. 9, rechter Zweig

Das Konzept ermöglicht zuverlässige **Kontrollen** und bei Bedarf eine kontinuierliche Verbesserung kritischer Prozesse und wichtiger Ergebnisse.[214]

[214] Im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (Hopp & Göbel, 2008). Dabei ist das Pareto-Prinzip (s.S. 125: Tab. 21, S1) zu beachten: Nicht jede mögliche Verbesserung ist auch sinnvoll (Kosten-Nutzen-Abwägung).

3.3 Zehn strategische Grundsätze

Die praktische Umsetzung des Konzeptes wird durch **10 strategische Grundsätze** gesteuert (Tab. 21, s.a. Abb. 9). Sie gleichen mit dem Ziel der Arbeit verknüpften **roten Fäden** und sollen zu effektiven und effizienten Entscheidungen und Handlungen führen.

Tab. 21: Zehn strategische Grundsätze für die Lärmkartierungen dieser Arbeit.
Legende: grau = in der Arbeit aufwandsbedingt nicht explizit behandelt, s.a. Abb. 1, S. 8.

Nr.	Strategischer Grundsatz
S1	Pareto-Prinzip anwenden: Nur Arbeiten durchführen, die effektiv und effizient sind, d.h. stets zielbezogen den Nutzen und das Aufwand-Nutzen-Verhältnis abwägen (Abb. 10 u. Fußnote 65 f., S. 75).
S2	Eigenes Berechnungsmodell erstellen, das vielseitig verwendbar ist, dabei möglichst lange mit Originaldaten arbeiten und räumliche Qualitätsunterschiede (z.B. Land ⇔ Ballungsraum) vermeiden.
S3	Modular-gestuftes Vorgehen, d.h. schrittweise Modellerweiterungen auf mehreren Ebenen: I. räumlich: Wiesbaden ➡ Hessen ➡ Deutschland II. inhaltlich: a) Lärmarten: Straßenlärm ➡ Schienenlärm ➡ Fluglärm ➡ Gesamtlärm ➡ … b) Methoden: Akustik-Software ➡ GIS ➡ Schallmessungen ➡ Bewertungen ➡ … c) Analysen: L_{DEN}, Rasterpegel (RAS) ➡ Fassadenpegel (FAS) ➡ Belastete (VBEB) ➡ … Ruhe = pRGx = niedrige/mittlere Pegel ➡ mittlere/hohe Pegel = Lärm Siehe Abb. 12 und Abb. 13, S. 130 f. – vergleiche mit Abb. 1, S. 8.
S4	Praxisnah arbeiten und auf einen hohen Nutzen für andere Anwender achten.
S5	Aktuellen Forschungsstand berücksichtigen.
S6	Daten möglichst alle von einem Lieferanten beziehen und fehlende notfalls manuell ergänzen.
S7	Keine Vereinfachungen im Modell ohne vorherige Fehlerabschätzungen, deshalb Parameterstudien.
S8	Pauschalwerte als „Worst Case" für Ruhige Gebiete wählen, aber dennoch darauf achten, dass sie auch für Fassadenpegel und Belastetenzahlen (VBEB) brauchbar sind.[215]
S9	Kontinuierliche Qualitätssicherung: • 100%-Dokumentation aller Arbeiten • Kontrolle aller Ergebnisse in CadnaA, ArcGIS und/oder EXCEL • Kontrolle akustischer Effekte durch einfache Tests und Testgebiete, s. Abb. 12 u. Abb. 13, S. 130 f. • Datensicherung • Einsatz alternativer Methoden (Schallmessungen, Bewertungen, Befragungen, ...), um die Lärmkarten durch weitere akustische und nicht-akustische Faktoren zu verifizieren
S10	Schwerpunkte setzen: L_{DEN}, Rasterpegel (RAS), Ruhige Gebiete, hochwertige pRG35.

Als Zünglein an der Waage dient das **Pareto-Prinzip** (S1 und Abb. 10):

- „This principle states that in any population that contributes to a common effect, a relative few of the contributors – the vital few – account for the bulk of the effect. The principle applies widely in human affairs."[216]

---

[215] Konkret heißt das: Besitzt ein Straßenabschnitt keinen realen DTV-Wert aus einer Straßenverkehrszählung, dann erhält er einen „Worst Case"-Pauschalwert, der dem 90%-Quantil (Q90) der realen DTV-Werte entspricht (s. Tab. 28, S. 149), der also von 90 % der realen DTV-Werte *unter*schritten wird. Für den wahren, aber unbekannten DTV-Wert (wDTV) dürfte deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit gelten: wDTV < Q90 oder sogar wDTV ≪ Q90. Demzufolge können die mit Q90 identifizierten pRG als recht zuverlässig gelten, weil wDTV i. Allg. zu noch größeren pRG führen wird. Auf der anderen Seite besteht aber die Gefahr von Fehlern 2. Art: Mit Q90 werden Gebiete nicht als pRG kartiert, obwohl sie bei wDTV ruhig wären. In Kap. 6.5.2 (insb. S. 249) zeigt jedoch ein Vergleich der pRG35 für Q90 und Q25, dass diese Gefahr vernachlässigbar ist.
Gleiches gilt für die **Belastetenzahlen nach VBEB** (Jäschke, 2011a):
Beispiel: Wie viele der ca. 6,1 Mio. Einwohner Hessens sind Lärmbelastungen von L_{DEN} > 55 dB(A) ausgesetzt?
a) bei **Q90: 55 %**, mit Q90 = 107.667, 21.233, 7.447 und 3.974 Kfz/24h für Autobahnen, Bundes-, Landes- u. Kreisstraßen
b) bei **Q25: 50 %**, mit Q25 = 40.848, 5.569, 1.250 und 570 Kfz/24h, s. Tab. 49, S. 227
⇨ bei Q90 **nur 10 % mehr Belastete**, obwohl die pauschalen **DTV-Werte um 264 %, 381 %, 596 % u. 697 % höher** ausfallen

[216] Juran & Godfrey (1998, p. 5.20-5.21). Beispiel (Juran & Godfrey, 1998, p. 5.21):
- „Relatively small percentages of the individuals write most of the books, commit most of the crimes, own most of the wealth, and so on."

Für die vorliegende Arbeit bedeutet das:

- Wenige Faktoren verursachen bereits die meisten Lärm- und Ruhewirkungen
- Geringer Mehraufwand kann dennoch zu hochwertigen Lärmkartierungen führen
- Wenige wichtige Parameter richtig wählen, garantiert bereits bestmögliche Karten

Welche Parameterwerte die richtigen sind, sagen die Parameterstudien in Kap. 5 (S. 185).

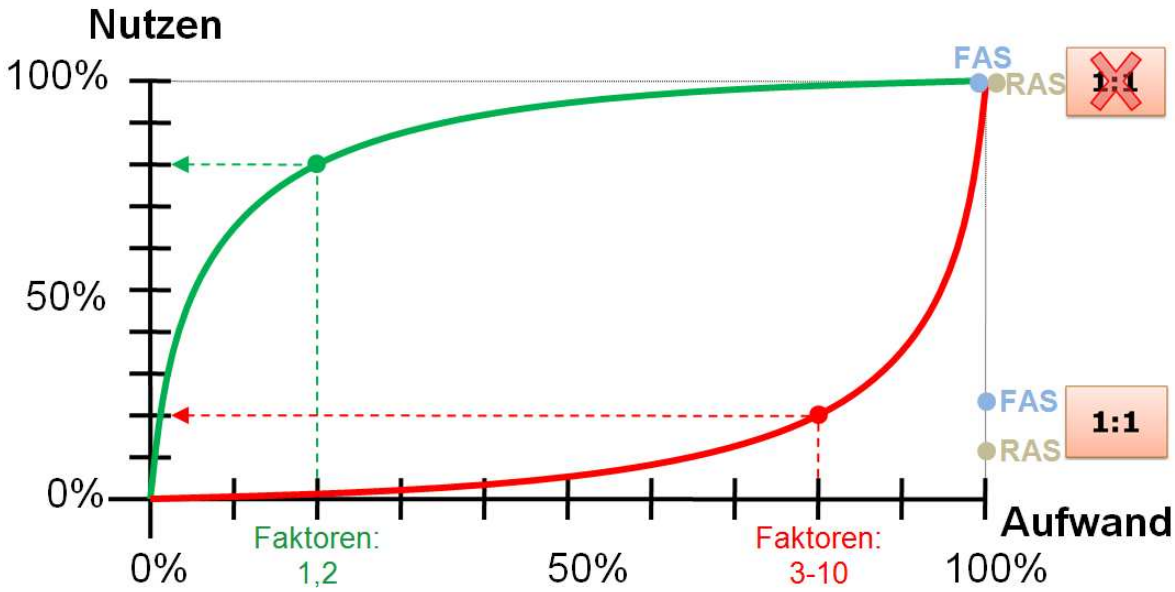


Abb. 10: Pareto-Diagramm zum Pareto-Prinzip.

Schematische Darstellung des Pareto-Prinzip als einfache 80-20-Regel: 20 % Aufwand = 80 % Nutzen.
Annahmen: 10 Faktoren (1-10) verursachen jeweils 10 % Aufwand, liefern aber unterschiedliche Beiträge zum Nutzen: Faktor 1 ➡ 60 %, Faktor 2 ➡ 20 % und die Faktoren 3 bis 10 ➡ zusammen *auch 20 %.*

Kurven:	*grün:*	*die 2 Faktoren*	*1 und 2*	*liefern*	*mit*	*20 % Aufwand*	*bereits*	*80 % Nutzen*
	rot:	*die 8 Faktoren*	*3-10*	*liefern*	*mit*	*80 % Aufwand*	*nur*	*20 % Nutzen*

Konsequenzen: Werden bei einer Lärmkartierung von den ca. 50 frei wählbaren Parametern die richtigen optimiert (grün), dann können mit relativ wenig Aufwand optimale *Lärmkarten entstehen. Für alle Parameter (Faktoren)* ideale *Werte zu wählen, scheitert i. Allg. am Aufwand und ist zudem nicht effizient.*
*Rechte Achse: Nutzen von NICHT-1:1-Karten = **je 100 %** ⇔ 1:1-Karten: **23,8 %** (FAS) u. **12,5 %** (RAS)*[217]

Da die 10 strategischen Grundsätze untereinander nicht alle völlig widerspruchsfrei sind, muss gelegentlich zwischen ihnen abgewogen werden – dann manchmal auch bewusst zu Lasten des Pareto-Prinzips.

---

[217] Der Aufwand-Nutzen-Vergleich basiert auf folgenden Grundlagen:

- NICHT-1:1-Karte = optimale Kartierung = alle Straßen kartiert ≙ DTV0 als Akustik-Modell, s. Tab. 8/Tab. 59, S. 77/253
- 1:1-Karte = gängige Kartierung von Hessen für die 2. Stufe der END 2012 mit folgenden Straßen bzw. Modellen:
  - 5 Ballungsräume (WI, F, KS, OF u. DA): Straßen mit $DTV_{pauschal}$ *oder* DTV_{real} > 3.000 Kfz/24h ≙ DTV3000
  - außerhalb der 5 Ballungsräume: Straßen mit DTV_{real} > 8.000 Kfz/24h ≙ DTV8000END
  - ⇨ „DTV8000END + DTV3000(5B)", s. Tab. 65 (S. 268), hier aber beschränkt auf „Korridore", s. Fußnote 490, S. 268
- Aufwand ≝ 100 % für beide Kartierungen, d.h. er wird als gleich angenommen und zu je 100 % gesetzt. Aufgrund der bekannten Aufwände und Kosten (s. Kap. 1.3.4, S. 74) ist aber davon auszugehen, dass das Pareto-Diagramm eine „Best Case"-Abschätzung für die 1:1-Kartierungen liefert und in Wirklichkeit gilt:
  - Aufwand(1:1-Kartierung) ≫ Aufwand(NICHT-1:1-Kartierung)
- Nutzen der NICHT-1:1-Karte ≝ **100 %** ≝ Referenzwerte für Fassaden- u. Rasterpegel (FAS, RAS)
- Nutzen der 1:1-Karte ≝ Anteil der FAS-/RAS-Pegel mit dL_{DEN} = L_{DEN}(NICHT-1:1-Karte) - L_{DEN}(1:1-Karte) **≤ 5 dB**
- Nutzen der 1:1-Karte a) bei FAS: **23,8 %** und b) bei RAS: **12,5 %** **≪ 100 %** = Nutzen der NICHT-1:1-Karten

  Anmerkung 1: Die Prozentzahlen für den Nutzen der 1:1-Karten stammen aus Jäschke (2011c), *nicht* aus den Prozentwerten der Tab. 64 (S. 267) via „100% - Prozent(Tab. 64)", s. Fußnote 490, S. 268. Anmerkung 2: Das Kriterium „≤ 5 dB" ist in Anlehnung an Tab. 64 gewählt

3.4 Modelle und modularer Aufbau der Arbeit

Dieser Abschnitt informiert über folgende Aspekte der Arbeit:

- Lage der Modelle – Abb. 11
- Merkmale der Modelle – Tab. 22
- Räumlich modularer Aufbau der Modelle – Abb. 12
- Inhaltliche und räumliche Einordnung der Modelle – Abb. 13
- Methoden der Arbeit – Abb. 14
- Inhaltliche und räumliche Schwerpunkte bei Ruhigen Gebieten – Abb. 15

3.4.1 Nomenklatur

Folgende Nomenklatur wird verwendet:

- **Modellgebiet = MoG** = Fläche, in der eine Modellaufbereitung erfolgt
- **Rechengebiet = ReG** = Fläche, in der Schallpegel berechnet werden
- **Untersuchungsgebiet = UG** = Fläche, die beschrieben oder untersucht wird
- **Akustik-Modell = Modell** = akustisches Abbild der Wirklichkeit

Oft gilt: UG ⊆ ReG ⊆ MoG, ReG ist stets eine Teilmenge (⊆) von MoG, s. Abb. 11.
MoG erstreckt sich hier immer einige Kilometer über die Außengrenze von ReG hinaus, weil auch außerhalb von ReG Lärmquellen liegen, die sich auf die Pegel in der Nähe der ReG-Grenze auswirken. Ohne sie würde man die Pegel dort ggf. unterschätzen.

3.4.2 Lage und Merkmale der Modelle

Lage und Merkmale der erstellten Modelle gehen aus Abb. 11 und Tab. 22 hervor.

Zentrale Grundlage der Arbeit sind folgende 3 Modelle:

- **WI:**
  - ReG = **Landeshauptstadt Wiesbaden**
  - Fläche A = 204 km²
  - Überschaubar und gleichzeitig ausreichend repräsentativ, um ca. 300 Parameterstudien durchführen zu können. Hier wird ermittelt, wie sich jeder einzelne der ca. 50 frei wählbaren Parameter[218] auf Rechenzeit und Rechengenauigkeit auswirkt – und welches die Kern-Parameter mit dem größten Einfluss sind. Damit lässt sich ein optimal aufeinander abgestimmter Satz an Parameterwerten ableiten, der die Kartierung des ca. 100-mal (exakt: 115-mal) größeren Modells HEplus in hoher Genauigkeit und akzeptabler Rechenzeit ermöglicht
- **HEplus:**
  - ReG = **Bundesland Hessen plus Außenbereich** bis zur nächsten Straße
  - Fläche A = 23.415 km²
  - Das zentrale Modell der Arbeit
  - Ausreichend repräsentativ, um das Hauptziel – hochwertige, faire und großflächige Lärmkarten – zu verwirklichen, aussagekräftige Ergebnisse für die Lärmbelastungen sowie die potentiell Ruhigen Gebiete (pRG) zu erhalten und zu gewährleisten, dass das hier praktizierte Vorgehen auf andere Kartierungen übertragbar ist

[218] Eingangsdaten, attributive und geometrische Vereinfachungen sowie Software-Einstellungen, s. Kap. 4.2, S. 137.

- Untersucht wird u.a., wie sich besonders wichtige Kern-Parameter auf die Lärmbelastungen und pRG auswirken, wie stark die Lärmbelastungen im Außenraum sind und wo die hochwertigen pRG35 liegen
- Aufgrund der Untersuchungsergebnisse ist es möglich, das 15-mal größere Modell D hinreichend genau zu berechnen

- **D:**
  - ReG = **Bundesrepublik Deutschland**
  - Fläche A = 357.115 km²
  - Größere (A > 1 km²) pRG35 lassen sich zuverlässig kartieren

Die zu berechnenden Flächen vergrößern sich um 2 bzw. 1 Größenordnung(en):

- **WI : HEplus = 1 : 115 ~ 1 : 100**
- **HEplus : D = 1 : 15**

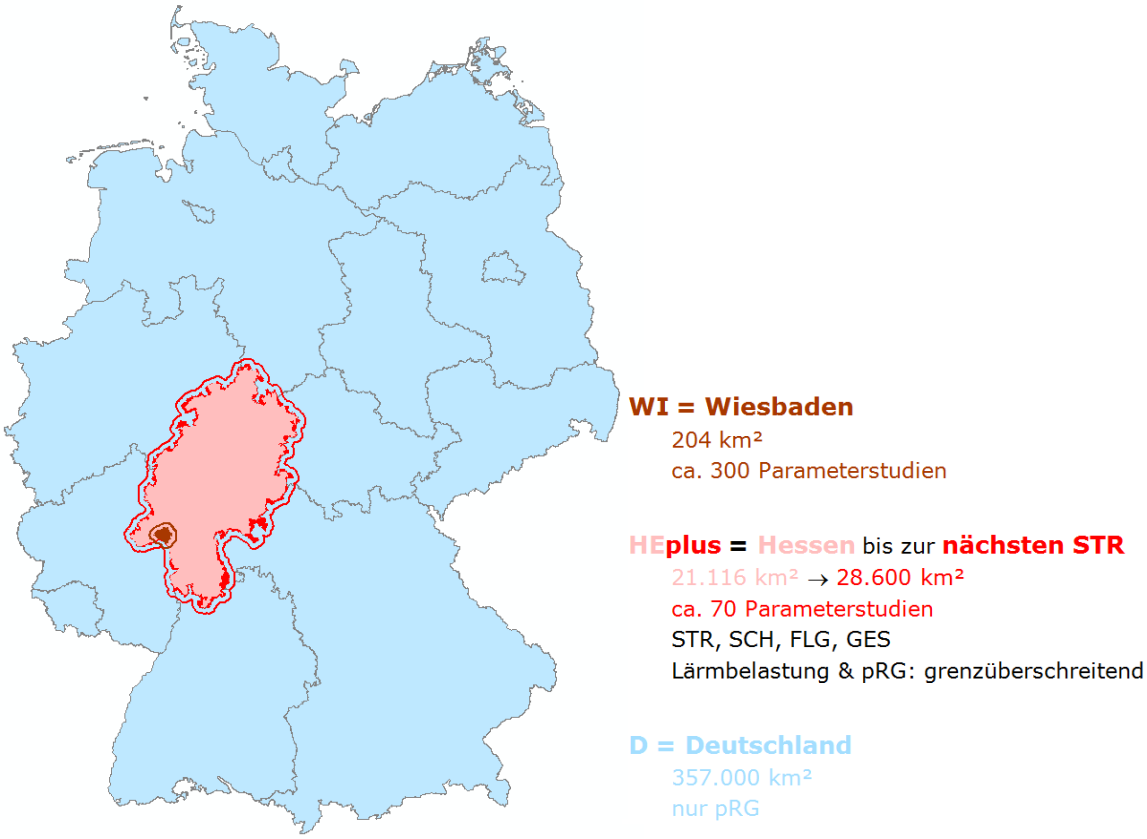


Abb. 11: Lage der Modell- und Rechengebiete von WI, HEplus und D.

Legende zu den 3 Modellen:

*(1) braun = Modell **WI**: braune Fläche = Stadt Wiesbaden = ReG, brauner Umring = MoG = ReG + 4 km, d.h. 4 km über ReG hinausgehend (s. Tab. 22, Zeile 6)*

*(2) rötlich = Modell **HEplus**: hellrot = Land Hessen = Teilfläche von ReG, rot = Außenbereich bis zur nächsten Straße, hellrot + rot = ReG, roter Umring = MoG = ReG + 5 km*

*(3) blau = Modell **D**: blaue Fläche = Bundesrepublik Deutschland = ReG = MoG*

Da digitale Geobasis- und Fachdaten außerhalb von Deutschland nicht verfügbar waren, fallen hier ReG und MoG zusammen, d.h. D enthält keine Lärmquellen, die in Nachbarstaaten liegen

Tab. 22: Merkmale der Modelle WI, HEplus und D.

Die Gesamtarbeit besteht aus 6 Modellphasen und einer vorgelagerten „Phase 0“:

a) Phase 0 = Diplomarbeit (Jäschke, 2007), die als Machbarkeitsstudie betrachtet werden kann

*b) Phase 1-3 = **räumliche** Erweiterung des Modellgebietes **für STR**: von WI über HE bis HEplus, d.h.: WI ➡ HE ➡ HEplus*

*c) Phase 4-5 = **inhaltliche** Erweiterung von HEplus: statt nur STR (Phase 3), nun auch SCH, FLG und **GES**, d.h.: STR ➡ SCH ➡ FLG ➡ GES*

*d) Phase 6 = **räumliche** Erweiterung von HEplus auf **Deutschland** speziell zur Kartierung **großflächiger pRG35**, d.h.: HEplus ➡ D*

Legende: Farben wie in Abb. 11, grau = aufwandsbedingt nicht *Thema dieser Arbeit, obwohl einige Modelle und Lärmkarten die notwendigen Daten enthalten.*

1	**Phase**	0		1	2	3	4a; 4b	5	6
2	**Art der Arbeit**	Diplom		**Promotion**					
3	**Abkürzung des Modells**	WI-Rheingauviertel	WI-Niedernhausen	**WI**	HE	**HEplus**			**D**
4	**Rechengebiet (ReG)**	Teilbereiche von Wiesbaden, die typisch sind für: Ballungsraum	Land	Wiesbaden	Hessen	Hessen plus Außenbereich bis zur nächsten Straße	wie 3	wie 3	Bundesrepublik Deutschland
5	**Fläche** **Straßenlänge**	0,6 km² 5,1 km	78,2 km² 167,2 km	203,9 km² 913,6 km	21.116 km² 43.827 km	23.415 km² 47.446 km			357.115 km² 237.285 km
6	**Modellgebiet (MoG)**	+ 5 km	+ 13 km	+ 4 km	+ 5 km	+ 5 km			= ReG
7	**Fläche** **Straßenlänge**	78,9 km² 502 km	1.142 km² 3.147 km	504,8 km² 2.229 km	26.141 km² 53.654 km	28.592 km² 57.897 km			357.115 km² 237.285 km
8	**Lärmarten**	STR		STR	STR	STR	SCH; FLG	GES	STR; SCH; GES
9a	**Rasterpegel (RAS)**	Ja		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
9b	**Fassadenpegel (FAS)**	Ja		Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
9c	**potentiell Ruhige Gebiete (pRGx)**	Ja		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
9d	**Mehrfach-Belastungen: RAS u. FAS**	Nein		Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
10	**Parameterstudien, Anzahl**	50		ca. 300	10	ca. 70	8; 8	10	2; 1; 1

Stand: November 2012

Abkürzungen:

- STR = Straßenlärm — RAS = Rasterpegel
- SCH = Schienenlärm — FAS = Fassadenpegel
- FLG = Fluglärm
- GES = Gesamtlärm
- pRGx = potentiell Ruhige Gebiete der Qualität x, d.h. $L_{DEN} \leq x$ dB(A) im gesamten Gebiet

Abb. 12 symbolisiert den räumlich modularen Aufbau aller Modelle.

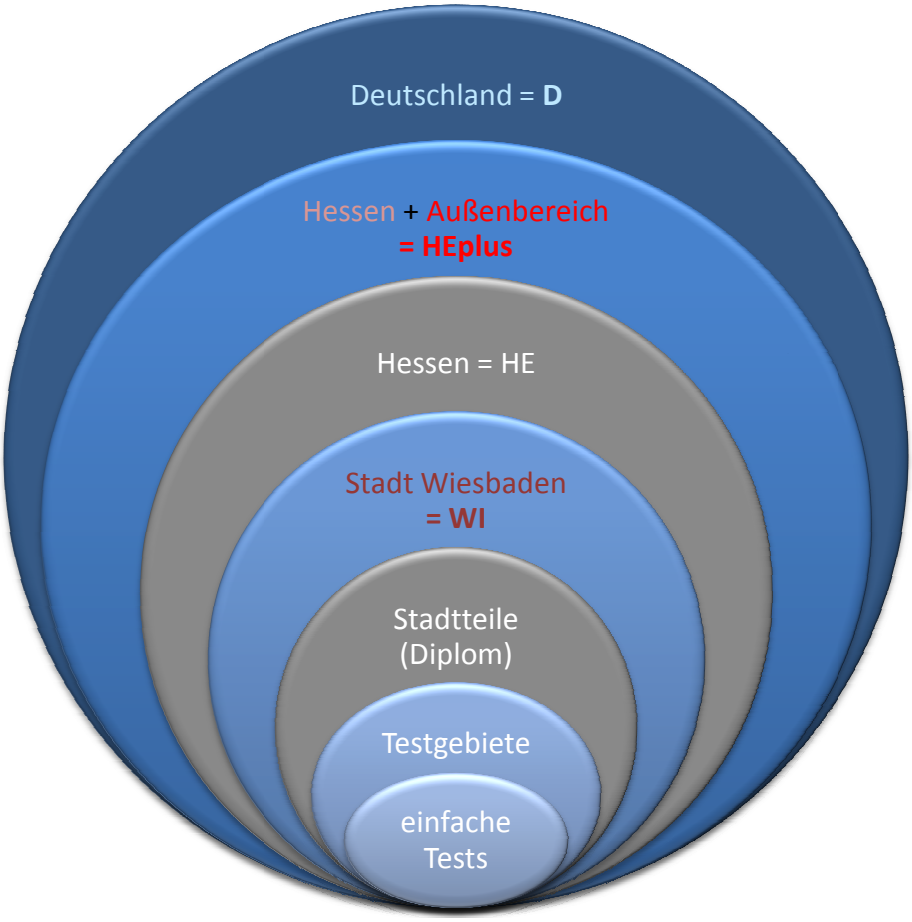


Abb. 12: Räumlich modularer Aufbau der Akustik-Modelle.
Legende: grau = in dieser Arbeit nicht *analysierte Modelle (HE durch HEplus ersetzt, s. Kap. 5.4, S. 210).*

Wie die Modellgebiete räumlich *und* inhaltlich zueinander stehen, folgt aus Abb. 13 gegenüber.

3.4.3 Räumliche *und* inhaltliche Einordnung der Modelle

Die Kartierungen finden gemäß Tab. 22 in 6 Phasen (1-6) statt. Mit jeder Phase wird entweder das Modellgebiet oder die inhaltliche Fragestellung oder beides erweitert. Das Vorgehen erfolgt somit modular-gestuft in 2 Haupt-Dimensionen (s.S. 125: Tab. 21, S3):

I. Erweiterung des **Raumes**:
   - WI ➡ HEplus ➡ D

II. Erweiterung des **Inhaltes**:
   a) bzgl. der **Lärmarten**:
      - STR ➡ SCH ➡ FLG ➡ GES ➡ ...
   b) bzgl. der **Kartiermethoden**:
      - Akustik-Software ➡ GIS ➡ Schallmessungen ➡ Bewertungen ➡ …
   c) bzgl. der **Analysen**:
      - L_{DEN} ➡ L_D ➡ L_E ➡ L_N ➡ ...
      - RAS ➡ FAS ➡ Belastete (VBEB) ➡ …
      - Ruhe = pRGx = niedrige/mittlere Pegel ➡ mittlere/hohe Pegel = Lärm

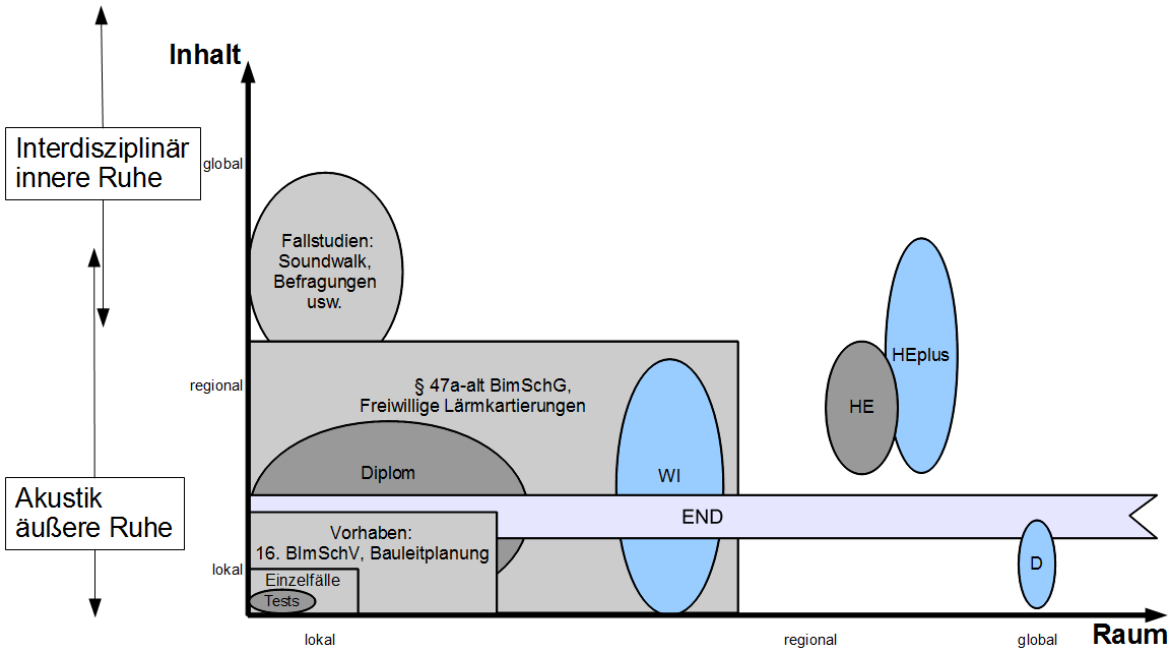


Abb. 13: Inhaltliche und räumliche Einordnung der Akustik-Modelle.
Legende: grau = in dieser Arbeit nicht *bearbeitete Modelle, blau = berechnete und analysierte Modelle, Raum = Flächengröße.*

„Raum“ und „Inhalt“ spannen das Koordinatensystem der Abb. 13 auf. Darin verortet sind sowohl die anschließend diskutierten (blau) als auch die nicht diskutierten (grau) Modelle. Bei letzteren ist noch ersichtlich, ob sie generell (hellgrau) oder für die vorliegende Arbeit (dunkelgrau) von Bedeutung sind oder waren.[219]

[219] Dargestellt sind:
a) Lärmkartierungen nach dem inzwischen aufgehobenen § 47a-alt BImSchG
b) Freiwillige Lärmkartierungen nach END, die einige Gemeinden – trotz oder gerade wegen der END – durchführen und die i. Allg. (weit) über die Mindestanforderungen der END hinausgehen
c) Vorhabenbezogene Lärmkartierungen in gesetzlichen Zulassungsverfahren (BImSchG, BauGB usw.), die nach den nationalen Rechenvorschriften (RLS-90 & Co) ablaufen, s.a. Kap. 2.2.1 und 2.2.2, S. 85 f.
d) Schalltechnische Untersuchungen für Einzelfälle (Gutachten)
e) Fallstudien mittels Soundwalk, Befragungen oder anderen Methoden

Während es bei WI ➡ HEplus noch möglich ist, Raum und Inhalt gleichzeitig zu erweitern, lässt sich der Raum bei HEplus ➡ D nur auf Kosten des Inhaltes ausdehnen.
Die hellgrauen Bereiche deuten sogleich künftige Forschungsfelder an.

3.4.4 Lärmarten

Schwerpunktmäßig werden Straßen- und Gesamtlärm berechnet und analysiert, weil ihnen global gesehen die größte Bedeutung zukommt. Der Gesamtlärm wird auf Grundlage von 3 bzw. 2 Lärmarten ermittelt:

- in HEplus: STR, SCH und FLG (nur Flughafen Frankfurt)
- in D: STR und SCH

Andere Lärmarten werden nicht kartiert.

Das gilt auch für den Lärm von „Geländen für industrielle Tätigkeiten" (Art. 3 lit. a END), obwohl dieser nach Anhang IV der END zu kartieren ist und in Deutschland nach VBUI kartiert wird. Gründe für die Nicht-Berücksichtigung sind:

- Diese 4. Lärmart der END ist nur in Ballungsräumen zu kartieren
- Die amtlichen Lärmkartierungen Hessen 2007/2012 berücksichtigen folgende Gelände[220]:
    - 2007: 3 Gelände, Gesamtfläche mit L_{DEN} > 55 dB(A): 18 km²
    - 2012: 10 Gelände, Gesamtfläche mit L_{DEN} > 55 dB(A): 20 km²
    - Vergleiche mit STR in HEplus (DTV0): 5.971 km²

⇨ Lärm von „Geländen für industrielle Tätigkeiten" (VBUI) besitzt allenfalls *lokale* Bedeutung und ist für *strategische* Lärmkartierungen wie HEplus **vernachlässigbar**

[220] Datengrundlage:
- GIS-Daten der amtlichen Lärmkartierung Hessen 2007/2012, s.a. ACCON (2007) und Stapelfeldt, MOSS & IVU (2012)
- Fläche für STR: s.S. 260: Tab. 61, Zeile 16, Spalte 8: 25,5 % von 23.415 km² = 5.971 km²

3.4.5 Angewandte Methoden

Abb. 14 gibt einen Überblick, welche Aspekte und Methoden in der vorliegenden Arbeit eine Rolle spielen (blau) und welche nicht (grau). Sie fasst die Ausführungen zurückliegender Kapitel zusammen und sollte weitgehend selbsterklärend sein.

Fett umrandet sind jene Methoden (Akustik-Software und GIS) und Arbeitsschritte, die wesentlich sind für die 2 zentralen Themen der Arbeit: Lärmkartierung und Ruhige Gebiete.

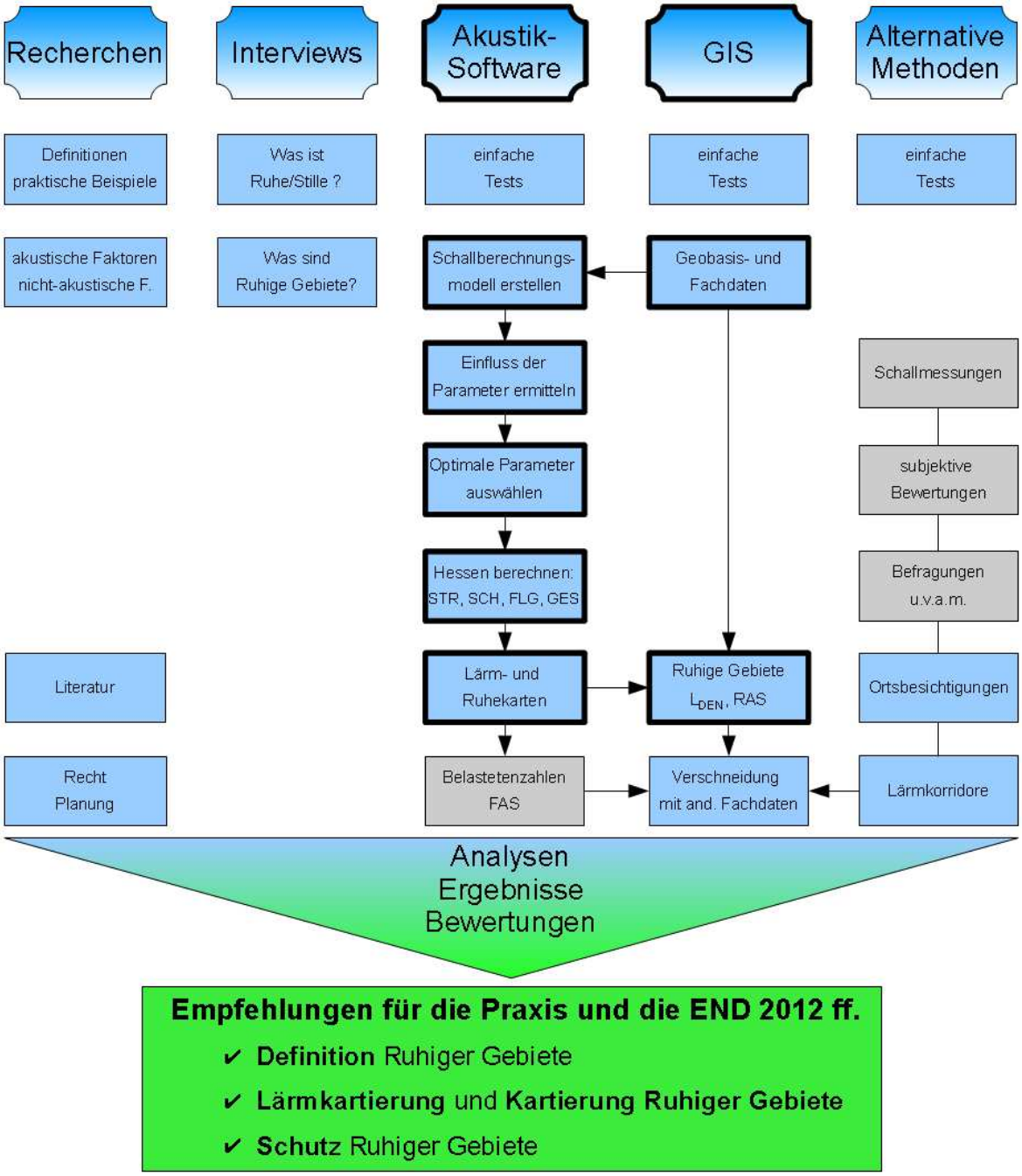


Abb. 14: Methoden der Arbeit.
Legende: grau = in dieser Arbeit nicht *betrachtete Aspekte o. angewandte Methoden, fett = Schwerpunkte.*

3.4.6 Ruhige Gebiete: inhaltliche und räumliche Schwerpunkte

Ausgehend von Abb. 14 illustriert Abb. 15, in welchen Kontext „Ruhige Gebiete“ eingebettet sind. Dazu werden aus dem speziellen Blickwinkel dieser Arbeit zueinander in Beziehung gesetzt:

- „Ruhe“ und „Gebiet“ als die beiden Bestandteile des Doppelwortes
- Definition, Kartierung und Schutz als die 3 wesentlichen Handlungsfelder
- Akustik-Software und alternative Methoden als zentrale Kartiermethoden

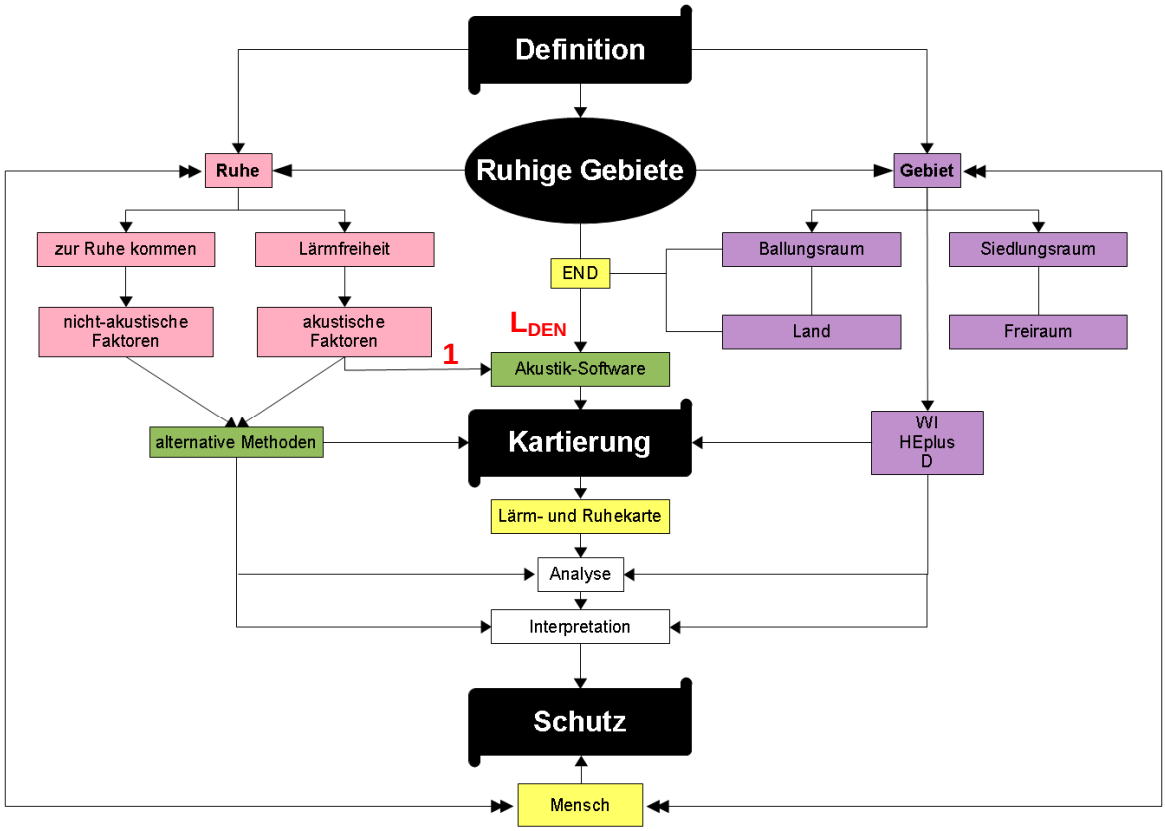


Abb. 15: Ruhige Gebiete: inhaltliche und räumliche Schwerpunkte.

Abb. 15 gliedert sich in 3 Teile: den Hauptzweig in der Mitte für das zentrale Thema „Ruhige Gebiete“ mit den oben schon erwähnten 3 Handlungsfeldern (schwarz) sowie je einen Nebenzweig für die beiden Wortbestandteile „Ruhe“ und „Gebiet“.

Links offenbart sich die Doppelbedeutung von „Ruhe“ – i.S. von „zur Ruhe kommen“ oder „Lärmfreiheit“ (Kap. 2.3.5, S. 95) – und der Einfluss von sowohl akustischen als auch nicht-akustischen Faktoren. Dabei wird Lärmfreiheit primär über akustische Faktoren operationalisiert, von denen jedoch nach den Vorgaben der END mit dem L_{DEN} nur 1 Faktor zwingend zu berücksichtigen ist[221].

Rechts wird „Gebiet“ in 2 × 2 Bereiche aufgeteilt: Einmal aus Sicht der *END* in Ballungsraum und Land, zum anderen nach rein *akustischen* Gesichtspunkten in Siedlungsraum und Freiraum (= bebaut und unbebaut = Ortslagen und Nicht-Ortslagen, s. Tab. 47 u. Fußnote 405, S. 221). Letzteres erscheint nicht nur plausibler, sondern wird sich später

[221] In dieser Arbeit liegt der inhaltliche Schwerpunkt auf L_{DEN}, obwohl in der END auch noch L_D, L_E und vor allem L_N eine Rolle spielen, s.a. Gleichung (1.1) und (2.1), S. 67 und 108. Relativ offen verhält sich die END gegenüber anderen (alternativen) Lärmindizes und damit auch Kartiermethoden: s. Anhang I, Nr. 3 („besonderer Lärmindizes“) und auch Anhang III END. Jedoch können z.B. psychoakustische „Lärmindizes“ mit Rechenvorschriften wie VBUS & Co gar nicht berechnet werden.

auch als sachgerechter herausstellen (Kap. 6.3, S. 219): Bebaute Bereiche eines kleinen Dorfes auf dem Land stimmen in ihren *akustischen* Eigenschaften viel besser mit den bebauten Bereichen eines Ballungsraumes überein als mit (ländlichen) Freiräumen.[222] Wie bereits erwähnt, sind die 3 Gebiete dieser Arbeit WI, HEplus und D.

Der Mittelteil verdeutlicht, dass eine Kartierung Ruhiger Gebiete grundsätzlich sowohl mit Akustik-Software als auch mit alternativen Methoden erfolgen kann, sich diese Arbeit aber an der END orientiert und deshalb alle 3 Gebiete ausschließlich mit Hilfe von Akustik-Software und auf Grundlage von L_{DEN} kartiert werden. Die entstehenden Lärm- und Ruhekarten eignen sich zum Schutz der Ruhigen Gebiete und damit auch des Menschen, der Ruhe als Ressource für Gesundheit, Lebensqualität und Wohlbefinden benötigt (Kap. 2.3.7, S. 101).

[222] Gebäude, Abschirmungen, Reflexionen, Schallquellendichte, Einwohnerverteilung usw. spielen in jedem bebauten Bereich eine weitaus größere Rolle als in jedem unbebauten Bereich, unabhängig davon, ob sich diese Objekte im Ballungsraum oder auf dem Land befinden – s. Kap. 6.3 (S. 219), Tab. 47 (S. 222) und insb. S. 237.

4. Erstellung der Akustik-Modelle

Nach einer kurzen Vorstellung der Berechnungsgrundlagen (Kap. 4.1) wird auf die Bedeutung der Berechnungs-Parameter eingegangen (Kap. 4.2). Es folgt ein Ablaufdiagramm aller Arbeitsschritte, die nötig sind, um von den Daten über das Berechnungsmodell zur Lärmkarte zu gelangen (Kap. 4.3).
Die letzten beiden Kapitel beschreiben ganz konkret die für diese Arbeit verfügbaren Daten (Kap. 4.4) und die damit erstellten Modelle (Kap. 4.5). Die Ausführungen erfolgen so detailliert wie nötig, um die Verfahrensschritte reproduzieren und die Qualität der Modelle und der daraus berechneten Lärmkarten beurteilen zu können (s.a. S. 139).

4.1 Berechnungsgrundlagen

Sinn und Zweck von Schallausbreitungsmodellen ist es, für beliebige Orte $\underline{X}_i = (x_i, y_i, z_i)$[223] der Erdoberfläche die Schallpegel $L = L(\underline{X}_i)$ quantitativ zu bestimmen.
$L(\underline{X}_i)$ hängt von der **akustischen Topologie** ab, die hier durch folgende Objekte und Objekt-Beziehungen definiert ist: Topographie (Gelände), Verteilung aller Schallquellen und aller abschirmenden, reflektierenden oder absorbierenden Objekte (Gebäude, Lärmschutzwände usw.) sowie der Immissionspunkte $IP_i = \underline{X}_i$ auf dem Gelände. Maßgeblich ist die relative Lage der akustisch relevanten Objekte zueinander. Mit Schallausbreitungsmodellen werden Umweltsimulationen durchgeführt. Dazu müssen neben der räumlichen Lage zusätzlich auch alle akustisch relevanten Eigenschaften (Attribute)

- der Schallquellen[224],
- der Ausbreitungswege[225] und
- der Immissionspunkte[226]

bekannt sein, da von ihnen ebenfalls der Wert des Schallpegels $L = L(\underline{X}_i)$ am Ort $\underline{X}_i$ abhängt. Um welche Art von Pegel[227] es sich handelt – L_{DEN}, L_D, L_{Aeq} usw. – hängt vom Modell, den dort gewählten Optionen, gesetzlichen Vorgaben oder der Fragestellung ab.
Ferner sind grundsätzlich alle Effekte zu berücksichtigen, die bei der Ausbreitung des Schalls von der Quelle zum Empfänger entlang des Ausbreitungsweges auftreten und den Pegel beeinflussen. Dafür wird ein mathematisch-physikalisches Modell benötigt, das beschreibt, wann welcher Effekt in welchem Ausmaß auftritt.
Einzelne Modelle unterscheiden sich in folgenden Punkten:

- **welche Effekte**[228] werden überhaupt berücksichtigt
- **wie genau**[229] werden die berücksichtigten Effekte erfasst

Welches Modell gewählt wird, hängt vom akustischen Kenntnisstand (Know-how), den technischen und organisatorischen Randbedingungen und dem Aufwand ab. Darunter

---

[223] Anmerkung 1: Allgemein spricht man von Immissionspunkt oder – je nach Lage des Punktes – speziell von Einzel-, Fassaden- oder Rasterpunkt (IP, FAS oder RAS). Anmerkung 2: Sei W = Anzahl der zu berechnenden Orte = Anzahl der IP, dann gilt: i = 1, ..., W, s.a. Fußnote 369, S. 188.
[224] Beispiel: Der von Kraftfahrzeugen auf Straßen emittierte Schall wird durch eine Linienschallquelle simuliert, die sich in 0,5 m Höhe über der Mitte der Straße befindet – und viele weitere Eigenschaften besitzt, s. VBUS.
[225] Beispiele: Geländetopographie, Bewuchs oder auch bestimmte Eigenschaften der Atmosphäre (Meteorologie).
[226] Beispiel: Der Immissionspunkt, als mathematischer Punkt zu verstehen, liegt nach END standardmäßig in einer Höhe von 4 m über dem Boden (Geländeniveau).
[227] Die Begriffe Schallpegel und Pegel werden hier synonym verwendet, da andere Pegel nicht vorkommen.
[228] Beispiel: Reflexionen werden berücksichtigt oder nicht (Ja-Nein-Entscheidung).
[229] Beispiel: Reflexionen werden berücksichtigt und zwar bis zur Ordnung n = 1 oder genauer n = 2 oder noch genauer n > 2.

fällt nicht nur der Programmier- und Rechenaufwand, sondern ganz maßgeblich auch jener, der dadurch entsteht, dass jedes Modell bestimmte Eingangsdaten[230] benötigt und diese erst einmal erhoben oder beschafft und danach aufbereitet werden müssen.
Beispiele für solche Modelle sind die in Deutschland für die Erstellung der END-Lärmkarten **gesetzlich vorgeschriebenen Berechnungsmethoden** (s. Kap. 2.2.1, S. 85)

- VBUS, VBUSch, VBUF, VBUI und VBEB

Alle Berechnungen dieser Arbeit erfolgen nach diesen Methoden (**„VBUS & Co“**).[231]

4.2 Parameter

Berechnungsmethoden beschreiben bestimmte Sachverhalte nicht eindeutig oder gar nicht. Dadurch entstehen **Freiheitsgrade**[232], die der **Kartierer** (Anwender oder Nutzer der Software) ausfüllen *kann* – oder *muss*. So macht z.B. die VBUS keine Vorgaben, bis zu welcher Entfernung vom Immissionspunkt – d.h. bis zu welchem „Max. Suchradius“ (Abb. 16, s. nächste Seite) – Schallquellen zu berücksichtigen sind. Wird eine Berechnungsmethode in eine Akustik-Software implementiert, dann bleiben die meisten Freiheitsgrade erhalten, weil weder Hersteller noch Programmierer den Nutzer in seinen Freiheiten beschränken wollen, und weil außerdem die „richtigen“ Software-Einstellungen stark vom Anwendungsfall abhängen.
Weitere Freiheitsgrade entstehen, weil jeder Software-Hersteller ***spezifische*** **Einstellungsoptionen** als Sonderfunktionen anbietet. Das hat den **Vorteil**, dass dadurch jeder Anwender die für seine Randbedingungen (Eingangsdaten, Rechenleistung usw.) geeigneten Software-Einstellungen vornehmen und so einen optimalen Kompromiss aus Rechenzeit und Rechengenauigkeit finden kann. Ein **Nachteil** besteht in der grundsätzlich nicht mehr garantierten Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Bei den **Software-Einstellungen** gibt es i. Allg. 3 Wahlmöglichkeiten (Abb. 16):[233]

1) EIN-AUS-Schalter, z.T. gefolgt von numerischen Eingabefeldern (rot bzw. orange)
2) Auswahlboxen mit einer kleinen Anzahl fest vorgegebener Werte (gelb)
3) Felder zur freien Eingabe nahezu beliebiger numerischer Werte (grün)

---

[230] Beispiel: Die Art der Straßenoberfläche (z.B. Pflaster oder Asphalt) beeinflusst den Emissionspegel „der Straße“. Hier unterscheidet die VBUS 9 Straßenoberflächen mit unterschiedlichem Emissionsverhalten, was für diesen Parameter eine hohe Genauigkeit des Modells vermuten lässt. Das trifft allerdings nur dann zu, wenn für das zu kartierende Gebiet auch tatsächlich alle relevanten Straßenoberflächen individuell ermittelt werden. Wird dieser Aufwand gescheut, bleibt nichts anderes übrig – das Modell verlangt nach irgendeinem Wert, sonst kann es nicht rechnen –, als pauschale, aber doch irgendwie plausible Annahmen zu treffen. Die einfachste Annahme besteht dann oft darin, für **alle** Straßen eine einheitliche Standard-Oberfläche (1 Klasse) anzunehmen. Dadurch nimmt die prinzipiell hohe Aussagekraft des Modells (9 Klassen) ab, weil sich seine Bandbreite von „9 auf 1“ reduziert.

[231] Genauer: nach VBUS, VBUSch und VBUF. Hinsichtlich VBUI und VBEB: s. Fußnote 95, S. 85.

[232] Zum Sprachgebrauch:

a) Jeder **Parameter** (z.B. Suchradius) besitzt mindestens 2 oder unendlich viele **Parameter*werte*** (100 m, 2.000 m oder …)
b) Die Begriffe **Software-Einstellung, Freiheitsgrad** und **Parameter** beschreiben unterschiedliche Details einer Akustik-Software: Jede Software bietet dem Nutzer (Kartierer) bestimmte Freiheitsgrade, so dass er über Software-Einstellungen die Parameterwerte eines jeden Parameters frei wählen kann
c) **Parameter** ist der Oberbegriff für alle Arten von Parametern (s.S. 138 und 187)

[233] Ähnliche Optionen bietet auch jede andere Akustik-Software.

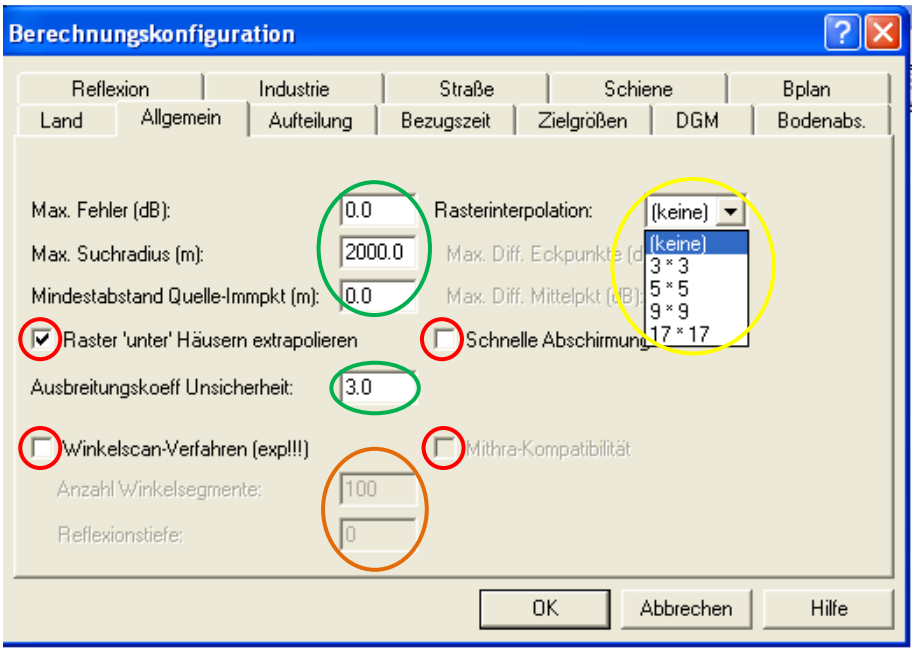


Abb. 16: Software-spezifische Einstellungen.
Das Beispiel zeigt die Registerkarte „Allgemein" aus dem CadnaA-Menü „Berechnungskonfiguration".

In CadnaA und jeder anderen Akustik-Software kann bzw. muss jeder Kartierer (Nutzer)

1. **ca. 30** Parameterwerte über Software-Einstellungen **frei wählen**

Neben diesen software-spezifischen Parametern gibt es noch weitere[234]:

2. Eingangsdaten
3. attributive und geometrische Vereinfachungen
4. sonstige Parameter

⇨ **ca. 50** Parameterwerte sind insgesamt bei jeder Lärmkartierung **frei wählbar**

- Die entstehenden Lärmkarten sind i. Allg. **alle konform** zu VBUS & Co

⇨ **Jede Lärmkarte hängt vom Kartierer ab** – und das gleich **50-fach**

Ein inhaltlicher Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit besteht darin, die 50 frei wählbaren Parameter nicht als „Blackbox" oder „Insiderwissen" hinzunehmen, sondern ihren Einfluss quantitativ zu erfassen und gezielt zu nutzen:

- Ermittlung des Einflusses der Parameter(werte) auf Rechenzeit und -genauigkeit[235]
  - ⇨ Die Erkenntnisse sind verallgemeinerbar und auf andere Kartierungen übertragbar[236]

---

[234] Beispiele:

a) Eingangsdaten: Von welchem Datenlieferanten werden welche Geobasis- und Fachdaten bezogen (s. Kap. 4.4, S. 143)? – Wird z.B. DGM1, DGM5, DGM10 oder DGM20 verwendet? – Konkret in dieser Arbeit: Werden die Geländehöhen für das Modell WI dem 25-m-Standard-DGM oder dem 5-m-Laser-DGM entnommen (s.S. 154)?

b) attributive und geometrische Vereinfachungen: Wird das DGM im Original oder „ausgedünnt" verwendet (S. 154)?

c) sonstige Parameter: z.B. Kartierer (Erfahrung, „Tagesform" etc.), Software-Produkt, Berechnungsmethode (VBUS, RLS-90, CNOSSOS etc.) u.a. Die genannten Parameter werden hier nicht weiter untersucht. Einzige Ausnahme: Tab. 40 auf S. 194 vergleicht die Lärmkarten von VBUS und RLS-90 für WI

[235] Im Englischen wird von **„efficiency settings"** gesprochen. Im Vorfeld der 1. Stufe der END wurden hierzu zahlreiche Arbeiten veröffentlicht (Probst & Huber, 1997; Kihlman, 2002; Matuschek & Mellert, 2003; DEFRA, 2005; Hartog van Banda & Stapelfeldt, 2005; Shilton, van Leeuwen, Nota & Hinton, 2005; Stapelfeldt & Manvell, 2005; Trow & Shilton, 2005; Hepworth, 2006; Hepworth, Trow & Hii, 2006a; Hepworth, Trow & Hii, 2006b; Schmidt, 2006; Shilton & Turner, 2006). Sie setzen sich aber nur mit ausgewählten Parametern auseinander und beschränken sich bei Berechnungen auf einfache Tests oder kleine (~ 1 km²) Testgebiete i.S. von Abb. 12, S. 130.

- Ermittlung eines **optimalen Satzes an Parameterwerten**, der *passgenau* für die Randbedingungen dieser Arbeit einen **bestmöglichen Kompromiss aus Rechenzeit und -genauigkeit** gewährleistet:
    - ⇨ Die Erweiterungen WI ➡ HEplus ➡ D lassen sich realisieren
    - ⇨ Für das ganze Bundesland Hessen (~HEplus) lassen sich vollständige (bestmögliche) Lärmkarten erstellen und so das Hauptziel der Arbeit erreichen

Mit den ca. 50 frei wählbaren Parametern sind **erhebliche Konsequenzen** verbunden:

- Jede Lärmkarte hängt empfindlich vom jeweiligen Kartierer ab
    - **Faustformel: Pegeldifferenzen** bis **~15 dB** sind möglich (Jäschke, 2011a)
    - Das gilt selbst dann, wenn die beiden Parameter „Software-Produkt“ und „Rechenvorschrift“ fest vorgegeben werden (hier: CadnaA und VBUS)
- Sollen Lärmkarten – oder auch Dosis-Wirkungs-Funktionen etc. – wirklich vergleichbar sein, sind strenggenommen für *alle* 50 Parameter **Referenzwerte** *fest* vorzugeben – wenigstens aber für die einflussreichsten Kern-Parameter
- Sollen hingegen Kartierungsaufgaben bestmöglich gelöst werden, müssen *alle* Parameterwerte *frei* wählbar bleiben
- Lärmkartierungen sind nur dann transparent und nachvollziehbar, wenn eine **vollständige Dokumentation und Begründung** aller Parameterwerte, d.h.
    - aller Arbeitsschritte (Eingangsdaten, Vereinfachungen) und
    - aller Software-Einstellungen

  erstellt und veröffentlicht werden
- **Lärmkarte und Dokumentation (Metadaten) bilden eine gleichberechtigte Einheit**, die jeder Kartierer erstellen und jeder Auftraggeber einfordern sollte
- Nur öffentlich zugängliche Dokumentationen gewährleisten einen für alle Akteure gewinnbringenden **Prozess der kontinuierlichen Verbesserung**
    - Nur damit lassen sich Lärmkarten richtig interpretieren und nutzen[237]
- Lärmaktionsplaner, andere Nutzer und auch die Öffentlichkeit sollten gegenüber Lärmkarten ohne aussagekräftige Dokumentation kritisch sein

Die Akustik-Modelle dieser Arbeit werden in folgenden Abschnitten dokumentiert:

- Überblick – Kap. 4.3, S. 140
- Eingangsdaten: allgemeine Geobasis- und Fachdaten – Kap. 4.4, S. 143
- Details zu den Modellen WI, HE und HEplus – Kap. 4.5, S. 153

Die Nomenklatur der Tab. 23 (s. nächste Seite) definiert 6 Eigenschaften von Parameter*werten*, die von herausragender Bedeutung für die nachfolgend diskutierten Modelle und Ergebnisse sind.
Innerhalb und zwischen den Gruppen G1, G2 und G3 bestehen Schnittmengen, die u.a. vom Parameter und dem jeweils konkret gewählten Wert abhängen: Beispielsweise kann ein optimaler Wert auch ideal *und* real sein *und* noch dazu dem wahren Wert entsprechen. Umgekehrt gibt es auch Parameterwerte, die in keine der 3 Gruppen fallen.
Die Begriffe werden i. Allg. gebraucht, um auf Gegensätze hinzuweisen.

---

[236] Hierbei ist einschränkend zu beachten, dass die Ergebnisse „nur“ mit einer Software abgeleitet werden. Andere Produkte können andere Algorithmen verwenden oder auch andere Parameter anbieten. Die grundsätzlichen Unterschiede dürften so gering sein, dass ein Großteil der hier erzielten Ergebnisse übertragbar ist.
[237] Das ist z.B. dann wichtig, wenn Lärmkartierung und Lärmaktionsplanung *nicht* in einer Hand liegen.

Tab. 23: Nomenklatur der Parameter: wahr – real, pauschal – ideal, optimal, spezifisch.
Siehe auch die Nomenklatur in Tab. 8, S. 77.

Nr.	Nomenklatur	Bedeutung	Beispiele
G1	**Referenz**		
1	**wahr** **wahrer Wert**	• tatsächlich vorhanden = Realität = Wirklichkeit • absolut fehlerfrei ⇨ maximale Genauigkeit u. Qualität	wahre Ruhige Gebiete, s.S. 116 wahre Verkehrsmenge, wDTV
G2	**Eingangsdaten** = Teilmenge der G3-Parameter = Nr. 2 auf S. 138		
2a	**real**[238] **Realwert**	• individuell für jedes einzelne Objekt erhoben • möglichst fehlerfrei	Messung o. Simulation; DTV-Wert aus SVZ, DTV_{real}
2b	**pauschal** **Pauschalwert**	• ein *nicht* individuell erhobener Wert • *im Mittel* brauchbar, ABER: individuell z.T. große Fehler, JEDOCH: Fehler z.T. akustisch/planerisch irrelevant	Abschätzung (Berechnung); Q90*/Q90-Pauschalwerte, $DTV_{pauschal}$
G3	**Parameter** = Eingangsdaten, Vereinfachungen, Software-Einstellungen *oder* sonstige Parameter = Nr. 1-4 (S. 138)		
3a	**ideal** **Idealwert**	• effektiv für alle denkbaren Ziele, aber oft ineffizient • fast fehlerfrei ⇨ maximale Genauigkeit u. Qualität	Rasterweite Rw = 2 m, s.S. 241
3b	**optimal** **Optimalwert**	• effektiv u. effizient für die Hauptziele; „= ideal“ möglich • z.T. fehlerhaft ⇨ Fehler irrelevant für die Hauptziele	Rasterweite Rw = 10 m
3c	**spezifisch**	• effektiv u. effizient nur für besondere Ziele (Aufgaben) • z.T. stark fehlerhaft ⇨ für die Hauptziele *un*geeignet	Rasterweite Rw = 1.000 m: nur für große pRGx geeignet

4.3 Von den Daten zum Modell und zur Lärmkarte

Abb. 17 beschreibt in chronologischer Reihenfolge von oben nach unten, wie in den Modellen WI, HE und HEplus für den *Straßen*lärm

- aus den digitalen Geobasis- und Fachdaten – blaue Kästchen
- unter Zuhilfenahme zusätzlicher, meist analoger Daten – grau
- und von Pauschalwerten – orange
- sowie software-spezifischen Einstellungen – rot
- erst das akustische Berechnungsmodell erstellt wird – grün
- und dieses dann zur Lärmkarte als Ergebnis führt – grün

Die einzelnen Schritte werden in Kap. 4.4 und 4.5 (S. 143 und 153) ausführlich beschrieben, Abb. 17 soll eine Orientierungshilfe sein und wird deshalb hier nicht näher erläutert.

Obgleich sich alle Angaben der Abb. 17 auf Straßen und die besonderen Umstände der vorliegenden Arbeit beziehen, gilt das Ablaufschema prinzipiell für *jede* Lärmkartierung mittels Akustik-Software. Je nach Zielstellung und vorhandenen Eingangsdaten können gewisse Schritte hinzukommen oder andere entfallen, was aber ohne grundsätzliche Bedeutung ist. Abb. 17 hebt vor allem typische Näherungen und Vereinfachungen hervor, die so oder ähnlich bei großen und komplexen Modellen immer stattfinden müssen, damit die Rechenzeit nicht „explodiert“. Das Schema verdeutlicht nochmals, wie umfangreich die Möglichkeiten sind, Parameter individuell und dennoch (oft) VBUS-konform zu wählen.

[238] „Real“ ist im Sinne von **realistischer** oder **realistisch** zu verstehen:
- Realwerte sind – trotz möglicher Mess- oder Simulationsfehler – i. Allg. realistischer als Pauschalwerte
- Realwerte können (sollten) der Realität (= den wahren Werten) entsprechen, können (werden) aber wegen der Mess- oder Simulationsfehler auch von dieser abweichen

Geometriefehler in Verwaltungsgrenzen beseitigen und leicht (±8 m) vereinfachen wg. Software-Beschränkungen
---
ReG =
- Stadt Wiesbaden (WI)
- Land Hessen (HE)
- **Hessen plus bis zur nächsten Straße außerhalb (HEplus)**

Rechengebiet ReG — **ATKIS: Verwaltungsgrenzen**

Digitalisierung

MoG = ReG + Außenbereich, d.h. nach außen erweitert um:
- 4 km
- **5 km**

HP auf MoG beschränken

Verschiedene DGM erstellen:
- Original-HP
- **HP ausdünnen um** 0,1 m, 0,5 m, 1 m, **2 m**, 5 m
- Iso-Höhenlinien in versch. Abständen, z.T. vereinfacht
- u.v.a.m.

HP hinzufügen bei Gräfendorf

Kontrollen

Höhenpunkte HP — **25-m-Standard-DGM in HEplus**
5-m-Standard-DGM in WI

Digitalisierung — **DTK 25, Höhenlinien**

Basisnetz zusammenstellen aus 2 Datenquellen:
- **innerhalb Hessen: HLBG**
- **außerhalb Hessen: BKG**

Gesamtnetz auf MoG beschränken

Straßen hinzufügen bei Gräfendorf
Bruchstücke entfernen

Multipart-Geometrien in Singlepart umwandeln

Duplikate entfernen

Digitale DTV-Werte jedem Straßenobjekt zuweisen:
- WI: BSV-00
- HE, HEplus: **HLSV-05**

Manuelle Ergänzung der DTV in ganz MoG:
- **SVZ-2005-Werte aus analogen Karten oder Tabellen**

Berechne widmungsspez. Qxx aus DTV u. Straßenlängen

Pauschale DTV allen Straßen mit DTV = 0 zuweisen:
- **Gemeindestraßen:** 200 Kfz/24h, **500 Kfz/24h**
- **Rest:** Mittelwert, Q25, Q50, Q75, **Q90**

Restliche Attribute allen Straßen zuweisen

Straßen auf DGM legen

Steigungen berechnen und beschränken auf
- WI: 15 %
- HE, HEplus: **8 %**

Straßengeometrien vereinfachen

Weitere Varianten von Straßenmodellen erstellen:
- Straßen außerhalb ReG löschen
- nur Straßen berücksichtigen mit DTV > DTV-Schwelle
- RQ

Kontrollen

Straßen — **ATKIS: HLBG und BKG**

Digitalisierung — **DTK 25, Höhenlinien**

manuelle Suche

DTV — **HLSV-05**
BSV-00

Karten, Tabellen — **BASt: SVZ 2005**
Bundesländer: TH, RP

Pauschalwerte

Pauschalwerte

Fortsetzung: nächste Seite

Fortsetzung

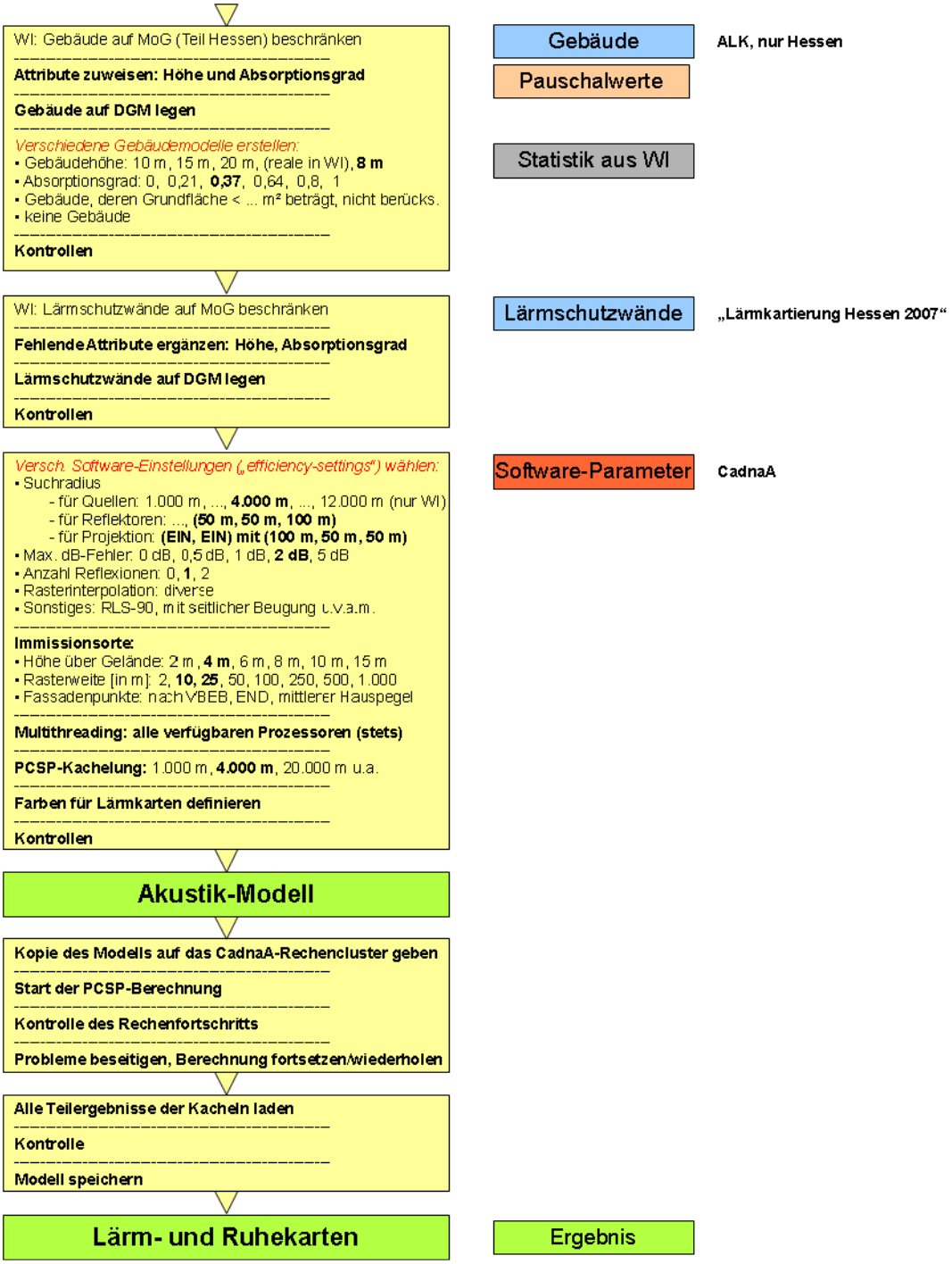


Abb. 17: Arbeitsschritte zur Durchführung einer Lärmkartierung am Beispiel WI, HE und HEplus.
Legende: Fettdruck = Arbeitsschritte und Parameter für das HEplus-Standardmodell, s. Tab. 44, S. 215. Normaldruck = Parameter(werte), die vor allem in WI untersucht werden, die meisten VBUS-konform.

4.4 Eingangsdaten

Der Abschnitt behandelt die wichtigsten allgemeinen Eigenschaften der in dieser Arbeit verwendeten Eingangsdaten. Auf Besonderheiten wird später eingegangen, wenn die einzelnen Modelle diskutiert werden (s. Kap. 4.5, S. 153).

Jedes Akustik-Modell benötigt Eingangsdaten, die folgende Informationen liefern:

- die Lage der akustisch relevanten Objekte – Geobasisdaten – Kap. 4.4.1
- die akustischen Eigenschaften der Objekte – Fachdaten – Kap. 4.4.2

4.4.1 Geobasisdaten

Geobasisdaten kommen von 2 Lieferanten (Tab. 24):

- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
- HLBG – Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation[239]

Tab. 24: Geobasisdaten für die Akustik-Modelle: Vergleich BKG und HLBG.

Nr.	Objektart	Lieferant der Daten		mittlere Genauigkeit[240]
		BKG	HLBG	
A1	Gebäude = ALK	nicht vorhanden	ALK[241]	± einige cm bis 1 m
A2	Gelände = DGM	25-m-Raster (DGM-D)[242] ≝ **25-m-BKG-DGM**	20-m-Raster; (DGM25)[243] für Teile Hessens: 10-m-Raster 1-m-Raster	±(1-3) m, geländeabhängig < 1 m ±(0,15-0,4) m
A3	Straßennetz	Basis-DLM[244]	wie BKG	±3 m
A4	Schienennetz	Basis-DLM		
A5	Ortslagen, BauNVO-Flächen, Verwaltungsgrenzen, Tunnel, Brücken, BNatSchG-Schutzgebiete u.v.a.m.	Basis-DLM		
A6	Digitale Topografische Karten – DTK	DTK25-V[245]		
A7	Digitale Orthophotos – DOP	nicht vorhanden	ATKIS-DOP[246]	±1 m
B	Raumbereich der Daten	Hessen + angrenzende Bundesländer bis ca. 12 km Entfernung	nur Hessen, Daten enden exakt an der Landesgrenze	-

[239] Die vom HLBG generierten Daten wurden durch das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG, 2008) bereitgestellt.

[240] Angaben gemäß HLBG (2008), wobei sich die Genauigkeit bei den Geländehöhen auf die z-Koordinate und bei allen anderen Objekten auf die Lage (x-y-Koordinate) bezieht. Beim Gelände gelten die ±(1-3) m für das 25-m- und 20-m-Raster in Abhängigkeit von der Geländeform: a) im Flachland: ±1 m. b) in bewegtem Gelände: ±2 m. c) in steilen Lagen: ±3 m.

[241] **ALK** = Amtliches Liegenschaftskataster.

[242] **DGM-D** = Digitales Geländemodell für Deutschland. Laut BKG (2005, S. 3): „Das Digitale Geländemodell DGM-D beschreibt die Geländeformen der Erdoberfläche durch eine in einem regelmäßigen Gitter angeordnete, in Lage und Höhe georeferenzierte Punktmenge". DGM-D besteht also aus Höhenpunkten, die die x-y-Ebene in einem regelmäßigen rechteckigen Raster überdecken und als z-Koordinate die Höhe des Erdbodens (= des nicht bebauten Geländes) über NN enthalten. Im Jahre 2010 hat das BKG die Namen seiner DGM-Produkte gemäß den Konventionen von ATKIS (2009) – neuer Name = DGM<Gitterweite> – geändert, wodurch das hier verwendete DGM-D nun DGM25 heißt (BKG, 2010).

[243] Nach der Namenskonvention des HLBG (2008) – die von der des BKG abweicht, s. Fußnote 242 – besitzt zum Zeitpunkt der Modellerstellung das DGM25 tatsächlich eine Gitterweite von 20 m, da aus ihm die TK25 hergestellt wird und deshalb die etwas irreführende „25" im Namen erscheint. Die Bezeichnung gilt auch heute noch (HLBG, 2011a).

[244] **Basis-DLM** = Digitales Basis-Landschaftsmodell. Laut BKG (2005, S. 3): „Beschreibung der topographischen Objekte der Landschaft im Vektorformat auf der Grundlage der Festlegungen des ATKIS-Objektartenkatalogs (ATKIS-OK)".
ATKIS = Amtlich Topographisch Kartographisches Informationssystem.

[245] **DTK25-V** = Digitale Topographische Karte 1:25 000, Vorläufige Ausgabe. Laut BKG (2006, S. 5): „Georeferenzierte Rasterdaten der ‚Topographischen Karte 1 : 25 000' (TK25)".

[246] **DOP** = Digitale Orthophotos.

Welche Daten für die Akustik-Modelle genutzt werden, ergibt sich aus den Zielen der Arbeit und den Eigenschaften der beiden Datenbestände.
Ein wichtiges Ziel besteht darin, ein Modell aufzustellen, dass für Hessen

- alle akustischen Einwirkungen von außerhalb berücksichtigt
- alle grenzüberschreitenden Ruhigen Gebiete vollständig erfasst

Die beiden Datenbestände besitzen folgende Eigenschaften:

- Nur die Daten des BKG[247] decken sowohl ganz Hessen als auch den kompletten **Außenbereich bis zu einer Entfernung von ca. 12 km** ab, während die des HLBG exakt an der Landesgrenze enden.
  Vorteil der BKG-Daten: sie enthalten das DGM, alle Straßen und Schienen auch für den kompletten Außenbereich von Hessen. Dadurch ist es möglich, den von diesen „nicht-hessischen" Schallquellen nach Hessen abgestrahlten Schall vollständig zu berücksichtigen.
- Nur das HLBG liefert Gebäude, allerdings auf Hessen begrenzt und nur als 2D-Objekte, d.h. *ohne* die akustisch wichtige Gebäudehöhe (3D).[248]
  Für den **Außenbereich** gibt es 2 Möglichkeiten, zumindest **2D-Gebäudedaten** (Lage) zu **beschaffen**:
  1) zentral vom BKG
  2) separat von jedem der 6 angrenzenden Bundesländer

  Option 1 wird aus Kostengründen und Option 2 wegen des hohen organisatorischen Aufwandes[249] verworfen. Beides wäre nicht verhältnismäßig zum „akustischen Nutzen" gewesen (s. Modell WI, Kap. 5, S. 185)
- Straßen und Schienen liegen ebenfalls nur als 2D-Objekte vor, d.h. Angaben zur absoluten oder relativen Höhe (z-Koordinate) fehlen auch hier
- Akustisch relevant sind in den ATKIS-Daten allein folgende Attribute:
  - bei Straßen: die „Widmung" – WDM[250]
  - bei Schienen: die „Bahnkategorie" – BKT[251]

  Ein besonderes **Manko** der Daten besteht darin, dass sie keine Informationen zur Verkehrsmenge (DTV-Wert, Zugzahl) des jeweiligen Streckenabschnitts enthalten.

---

[247] Das BKG „sammelt" die von den zuständigen Landesvermessungsämtern erarbeiteten Geobasisdaten und fügt diese zu einem ganz Deutschland abdeckenden, einheitlichen Datensatz zusammen. Die vom BKG gelieferten Straßen sind also – gleicher Bearbeitungsstand vorausgesetzt – zunächst einmal eine Kopie der HLBG-Straßen. Das Zusammenführen der Datenbestände bringt es allerdings mit sich, dass vom BKG die Daten der Bundesländer aneinander angeglichen werden müssen. Dadurch können sich leichte Lageverschiebungen gegenüber den Originaldaten ergeben, weshalb z.B. die Straßen von BKG und HLBG um **ca. 0,75 m** gegeneinander verschoben sind. Akustisch ist diese Differenz ohne Bedeutung.

[248] Da die Anzahl der Stockwerke ebenfalls nicht aus den Daten hervorgeht, lässt sich die Gebäudehöhe auch nicht indirekt bestimmen.

[249] Option 1 = Bezug über BKG: Bei der Abgabe von ALK-Daten ist das BKG verpflichtet, die von den Ländern veranschlagten Kosten zu 100 % weiterzugeben. Gebührenermäßigungen für die Forschung werden im Gegensatz zum Basis-DLM nicht eingeräumt. Die zu erwartenden Kosten wären zu hoch gewesen, wie eine grobe Abschätzung anhand der AdV-Gebührenrichtlinie (AdV, 2008) zeigt. Denn die empfiehlt den Landesvermessungsverwaltungen folgende Gebührensätze:

- **€ 1,80 pro ALK-Gebäudeobjekt** bei einer Bezugsmenge von 1-10.000 Objekten und **€ 0,90** bei 10.000-100.000 Objekten

Option 2 = Bezug über die Bundesländer: Für eine Kostenbefreiung hätte mit jedem der 6 an Hessen angrenzenden Bundesländer in Einzelverhandlungen getreten werden müssen. Im keinesfalls gesicherten Erfolgsfall wäre mit jedem Bundesland ein Nutzungsvertrag abzuschließen gewesen. Nach den Erfahrungen des Autors hätten allein die Verhandlungen schon einen hohen Zeitaufwand (> 1 Jahr) verursachen können – und das bei ungewissem Ausgang. Selbst wenn alle 6 Bundesländer kostenfrei oder kostengünstig liefern würden, müssten dann noch für jede Objektart jeweils 7 Dateien (inkl. Hessen) zu einer Datei zusammengeführt werden, was erneuten Aufwand und eine zusätzliche Fehlerquelle bedeutet hätte.

[250] 6 relevante Widmungen: Autobahnen, Bundes-, Landes-, Kreis-, Gemeindestraßen und Sonstige. Die Widmungen lassen sich unmittelbar den Straßengattung der VBUS zuordnen, s. Tab. 28, S. 149.

[251] 3 relevante Bahnkategorien: Eisenbahn, Güterbahn und S-Bahn. Anders als bei den Straßen ist hier keine eindeutige Zuordnung zu den Fahrzeugarten der VBUSch möglich und es muss anders vorgegangen werden, s. Kap. 4.5.5, S. 171.

Damit geht der wichtigste Faktor für die Stärke dieser beiden Schallquellen nicht aus den ATKIS-Daten hervor. DTV-Werte existieren beim Hessischen Landesamt für Straßen und Verkehrswesen (HLSV)[252]. Hier tritt jedoch das Problem auf, dass diese *nicht* dem ATKIS-Straßennetz des HLBG zugeordnet sind, sondern die beiden Landesbehörden HLSV und HLBG insg. 2 unabhängige Straßennetze verwalten, die weder exakt in der Lage übereinstimmen, noch über einen **gemeinsamen Primärschlüssel** miteinander verknüpft werden können. Hier ist zu **empfehlen**:

- o Wenigstens alle Landesbehörden sollten kompatible Daten pflegen

Beide Lieferanten steuern somit Daten mit spezifischen Vor- und Nachteilen (+/-) bei:

- HLBG-Daten:
  - + In Hessen: Alle Daten vorhanden (ALK, DGM, Straßen u. Schienen)
  - - ABER: Im Außenbereich überhaupt keine Daten vorhanden
  - + In Hessen: Die Gebäude (ALK) „passen" besser zu den restlichen Daten, da beide vom selben Lieferanten (HLBG) stammen
  - + Die amtliche Lärmkartierung Hessen 2007 basiert auf HLBG-Daten, was einen Vergleich erleichtert
  - ⇨ Modelle WI, HE und HEplus nicht vollständig aufbaubar (Abb. 11, S. 128)
  - ⇨ Im Außenbereich: Fehlende Daten *müssen* mit BKG-Daten ergänzt werden
- BKG-Daten:
  - + In Hessen plus Außenbereich: DGM, Straßen u. Schienen vorhanden[253]
  - - ABER: Kein einziges Gebäude (ALK) vorhanden
  - ⇨ Modelle WI, HE und HEplus nicht vollständig aufbaubar
  - ⇨ Alle Gebäude *müssen* aus den HLBG-Daten bezogen werden

Damit stehen grundsätzlich 2 Wege offen:

1. Hessen plus Außenbereich mit BKG-Daten aufbauen und dann in Hessen die Gebäude vom HLBG verwenden
2. Hessen vollständig mit HLBG-Daten aufbauen und dann im Außenbereich Gelände, Straßen und Schienen (nicht aber Gebäude) vom BKG verwenden

Die vorliegende Arbeit geht – mit Ausnahme der Straßen – nach Nr. 1 vor (Tab. 25).

Tab. 25: Modell HEplus: Welche Geobasisdaten stammen von welchem Lieferanten (HLBG, BKG)?

Nr.	Raumbereich	Geobasisdaten				
		Gebäude	Gelände	Straßen	Schienen	Sonstiges
1	Hessen	HLBG	BKG	HLBG	BKG	BKG
2	Außenbereich	nicht berücks.		BKG		

Die Sonderbehandlung der Straßen hat folgenden Grund: Just als die Straßen in das Modell zu integrieren waren, bestand noch Hoffnung, DTV-Werte zu erhalten (Straßennetz IVU-05, s. Tab. 27, S. 147), die über einen Primärschlüssel relativ einfach mit dem HLBG-Netz (nicht aber dem BKG-Netz) verknüpfbar gewesen wären. Dadurch hätte man den Aufwand eigener Verknüpfungsarbeiten vermeiden können. Die Hoffnung erfüllte sich jedoch nicht, weil die Daten später als erwartet eintrafen (s. Tab. 27, S. 147: letzter Absatz).

[252] Seit 01.01.2012 neuer Name: Hessen Mobil.

[253] Bis auf eine sehr kleine Ausnahme in Gräfendorf, s.S. 167; s.a. Abb. 17, S. 142 und Abb. 22, S. 168.

4.4.2 Fachdaten zur Bestimmung der Emissionspegel

Die Rechenvorschriften VBUS, VBUSch und VBUF bestimmen, welche Fachdaten die Modelle als Eingangsdaten (Parameter) benötigen. Die Hauptmerkmale der verwendeten Fachdaten werden anschließend vorgestellt. Details folgen später, wenn es konkret um den Aufbau der Modelle WI, HE und HEplus geht (s. Kap. 4.5, S. 153).

Straßen und Schienen

Um Schallberechnungen (nach VBUS & Co) durchführen zu können, werden akustische Fachdaten benötigt, aus denen die Stärke jeder Schallquelle, also ihr Emissionspegel, hervorgeht. Für Straßen (VBUS) und Schienen (VBUSch) zeigt Tab. 26, welche Parameter relevant sind und aus welchen Datenquellen die in dieser Arbeit verwendeten Parameterwerte stammen.

Tab. 26: Fachdaten zur Berechnung der Emissionspegel nach VBUS und VBUSch.
Zu jedem emissionsrelevanten Parameter sind die verwendeten Datenquellen und ggf. die als Standard benutzten Pauschalwerte angegeben. Legende: „-“ = ohne Bedeutung für die genannte Lärmart.

Nr.	emissionsrelevanter Parameter	Lärmart	
		Straße – VBUS	Schiene – VBUSch
1	Verkehrsmengen	• DTV[254]-Werte aus SVZ 2000/2005 • Rest: Q90 der SVZ 200x, Tab. 28, S. 149 • für Gemeindestraßen: 500 Kfz/24h	Anzahl der Züge aus: • DESTATIS (2007), Stand: 2005 • Fahrpläne, Stand: 2008
2	Verteilung auf die 3 Zeitbereiche D, E, N	gem. VBUS, dortige Tab. 2	• Personenverkehr: Fahrpläne 2008 • Güterverkehr: pauschal
3	Geschwindigkeiten	gem. Tab. 29, S. 150	gem. Schall 03, dortige Tab. 2
4	Fahrzeugarten	gem. VBUS, dortige Tab. 2	Anzahl der Züge unterschieden nach: • Fernverkehr • Nahverkehr • Stadtbahnen (KS, F, DA)[255] und • Güterverkehr Daten aus DESTATIS (2007) und den Fahrpläne 2008, s. Nr. 1
5	Fahrbahnarten	gem. Tab. 29: stets D_{StrO} = 0 dB[256]	i. Allg. pauschal D_{Fb} = 2 dB[256]
6	Straßengattungen	gem. Tab. 28	-
7	Regelquerschnitte	gem. Tab. 29	-
8	Steigungen	aus DGM berechnet, dann begrenzt auf • ≤ |±15 %| in WI • ≤ |± 8 %| in HEplus	-
9	Zuglängen	-	gem. Schall 03, dortige Tab. 2
10	Bremsbauarten		gem. Schall 03, dortige Tab. 3
11	Aerodynamik		D_{Ae} = 15,1 dB für alle Fernzüge[256 und 257]
12	Brücken		Zuschlag nicht berücksichtigt
13	Bahnübergänge		
14	Kurven		

[254] **DTV** = Durchschnittliche Tägliche Verkehrsmenge.

[255] Die einzigen Städte in Hessen mit Stadtbahnen sind: KS = Kassel, F = Frankfurt und DA = Darmstadt.

[256] Abkürzungen:

- D_{StrO} = Korrektur für unterschiedliche Straßenoberflächen:
  - 0 dB ≙ „nicht geriffelte Gussasphalte, Asphaltbetone oder Splittmastixasphalte“ gemäß VBUS, dortige Tabelle 3
- D_{Fb} = Pegeldifferenz durch unterschiedliche Fahrbahnarten:
  - 2 dB ≙ „Schotterbett - Holzschwelle“ oder „Schotterbett -Betonschwelle“ gemäß VBUSch, dortige Tabelle 3
- D_{Ae} = Pegeldifferenz durch Aerodynamik, s. Fußnote 257

[257] Berechnet nach VBUSch gemäß $D_{Ae} = 50 \times \log(0{,}01 \times v)$ mit v = 200 km/h = zulässige Strecken- bzw. Fahrgeschwindigkeit in HEplus-SCH. Obwohl D_{Ae} nur für v > 200 km/h zu berechnen ist und in HEplus-SCH sämtliche Fernzüge pauschal v = 200 km/h besitzen, wird die Formel angewandt. Grund: D_{Ae} soll die höheren tatsächlichen v-Werte „ausgleichen“.

Straßen

Tab. 27 beschreibt nicht nur die beiden schon erwähnten Straßennetze (BKG und HLBG), sondern alle 7 Netze, die für den Aufbau der Akustik-Modelle zur Verfügung standen. Sie unterscheiden sich in ihrem Umfang, ihren Vor- und Nachteilen (z.B. Lagegenauigkeit, Herkunft der DTV-Werte) und ihrer Aktualität (Stand) z.T. ganz erheblich.

Tab. 27: Verfügbare Straßennetze für den Aufbau der Akustik-Modelle.

Legende: Schriftfarbe = Verwendungszweck des Netzes in der vorliegenden Arbeit:

- *grau = keine Verwendung, schwarz = Lage der Straßen (Geometrien), braun = DTV-Werte.*

Nr.	Netz[258]	Beschreibung des Straßennetzes
		Netze *ohne* DTV-Werte (s.a. Tab. 24, A3)
1	BKG	**Herkunft:** BKG. Entspricht ATKIS der Landesvermessungsämter. **Vorteil:** alle Straßen innerhalb *und* außerhalb von Hessen mit guter Lagegenauigkeit (±3 m), ATKIS-Widmung vorhanden. **Nachteil:** keine DTV-Werte. **Stand:** Ende 2006/2007, aktuell bei Fertigstellung der Modelle im Jahr 2008. **Verwendung:** für WI, HE und HEplus ⇨ Lage aller Straßen *außer*halb von Hessen.
2	HLBG	**Herkunft:** Land Hessen. Entspricht ATKIS der Landesvermessung (HLBG). **Vorteil:** alle Straßen innerhalb von Hessen mit guter Lagegenauigkeit (±3 m), ATKIS-Widmung vorhanden. **Nachteil**: keine DTV-Werte. **Stand:** Ende 2006, aktuell bei Fertigstellung der Modelle im Jahr 2008. **Verwendung:** für WI, HE und HEplus ⇨ Lage aller Straßen *inner*halb von Hessen.
		Netze *mit* DTV-Werten
3	BSV-00[259]	**Herkunft:** Stadt Wiesbaden. Für den Verkehrsentwicklungsplan wurde ein auf Verkehrszählungen basierendes Verkehrsmodell aufgebaut, welches alle „Hauptstraßen" (etwa DTV ≳ 1.000 Kfz/24h) enthält. **Vorteil:** viele Straßen besitzen lokal ermittelte **reale DTV-Werte,** s. Tab. 23, S. 140 **Nachteil:** keine weiteren Informationen; Lage z.T. sehr ungenau (~100 m und mehr Abweichung zu ATKIS) ⇨ aufwändige manuelle Anpassungen erforderlich; deckt nur Wiesbaden und Teile des Außenbereichs ab; Alter: nicht aktuell, z.B. neue Straßen ab dem Jahr 2000 nicht enthalten. **Stand:** 2000. **Verwendung:** für WI ⇨ Primärquelle für DTV-Werte, die auf das lagegenauere HLBG-Netz (Nr. 2) übertragen werden.
4	IVU-00[260]	**Herkunft:** Land Hessen. Für die *Luft*reinhalteplanung konzipiert. Eigenschaften: a) Alle Straßen, die in der Straßenverkehrszählung 2000 (SVZ 2000) gezählt wurden, besitzen die dort ermittelten realen DTV-Werte. b) Die restlichen, in der SVZ 2000 nicht gezählten Straßen, besitzen sehr grobe pauschale DTV-Werte, die für die Zwecke der Luftreinhalteplanung ausreichend, aber für die Akustik unbrauchbar sind. **Vorteil:** alle Straßen mit guter Lagegenauigkeit (ähnlich HLBG) u. ATKIS-Widmung; Attribut vorh., das besagt, ob ein DTV-Wert real oder pauschal ist; größte für Hessen verfügbare Anzahl an Straßen mit realen DTV-Werten für das Jahr 2000. **Nachteil:** Straßen mit pauschalen DTV-Werten müssen erst selektiert und der akustisch nicht brauchbare DTV-Wert auf „NoData" (= 0 Kfz/24h, hier) gesetzt werden; DTV-Werte für Straßen, die in SVZ 2000 nicht gezählt wurden, fehlen; Alter: nicht aktuell, neue Straßen ab 2000 nicht enthalten.

[258] Bei den Netzen *mit* DTV-Werten besagen die beiden angehängten Ziffern aus welchem Jahr (200x) die DTV-Werte stammen. Bis auf BSV-00 (s.u., Fußnote 260) kommen sie entweder aus SVZ 2000 oder SVZ 2005. Die Aktualität der Netze *ohne* DTV-Werte weicht davon leicht ab, siehe „Stand" bei BKG und HLBG.

[259] Das Verkehrsmodell wurde von der Fa. BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung Dr.-Ing. Reinhold Baier GmbH aus Aachen für die Stadt Wiesbaden entwickelt.

[260] Das Netz wurde von der Fa. IVU Umwelt GmbH für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) erstellt, indem die DTV-Werte der SVZ 2000 auf das ATKIS-Straßennetz des HLBG übertragen wurden (IVU, 2000).

Nr.	Netz[258]	Beschreibung des Straßennetzes
		Stand: 2000. **Verwendung:** für WI ⇨ *widmungsspezifische* Bestimmung der 90%-Quantile (≝ **Q90***) aus den realen DTV-Werten der SVZ 2000 ⇨ alle nicht in BSV-00 gezählte Straßen erhalten pauschale DTV-Werte $DTV_{pauschal}$ = Q90* (s. Tab. 28). SVZ 2000 wie BSV-00 aus dem Jahre 2000. * = um die 90%-Quantile der SVZ 2000 von denen der SVZ 2005 zu unterscheiden.
5	HLSV-05[261]	**Herkunft:** Land Hessen. Alle Straßen der SVZ 2005 mit realen DTV-Werten vorh. **Vorteil:** die größte für Hessen verfügbare Anzahl an Straßen mit realen DTV-Werten für das Jahr 2005; z.T. weitere akustisch relevante Daten vorh. **Nachteil:** z.T. größere Lageabweichungen i. Vgl. zu HLBG; DTV-Werte für Straßen, die in SVZ 2005 nicht gezählt wurden, fehlen. **Stand:** 2005, aktuell bei Fertigstellung der Modelle im Jahr 2008. **Verwendung:** 1) für HE und HEplus ⇨ Primärquelle für DTV-Werte, die auf das lagegenauere HLBG-Netz (Nr. 2) übertragen werden. 2) für HEplus ⇨ *widmungsspezifische* Bestimmung der 90%-Quantile (≝ **Q90**) aus den realen DTV-Werten der SVZ 2005 ⇨ alle nicht in der SVZ 2005 gezählte Straßen erhalten pauschale DTV-Werte $DTV_{pauschal}$ = Q90 (s. Tab. 28).
6	IVU-05	**Herkunft:** wie IVU-00. **Vorteil:** wie IVU-00. **Nachteil:** wie IVU-00. **Vorteil:** DTV-Werte wie in HLSV-05, d.h. basierend auf SVZ 2005. **Stand:** 2005. **Verwendung:** keine. Zum Start der eigenen Modellierungen war die Übertragung der DTV-Werte von HLSV-05 auf HLBG (analog IVU-00) noch nicht abgeschlossen. Um zeitlich nicht in Verzug zu geraten und eigene Erfahrungen zu sammeln, wurden daher die DTV-Werte selbst von HLSV-05 auf HLBG übertragen.
7	HLUG-05[262]	**Herkunft:** Land Hessen. Alle Straßen der amtlichen Lärmkartierung Hessen 2007. **Vorteil:** Straßen besitzen reale DTV-Werte aus SVZ 2005 und alle akustisch relevante Daten (Lkw-Anteil, Geschwindigkeit, …); in Wiesbaden und Frankfurt: DTV-Werte aus lokalen Straßennetzen vorh.; bis auf kleinere Fehler Lagegenauigkeit wie HLBG. **Nachteil:** nur die wenigen Straßen der 1. Stufe enthalten (DTV ≥ 16.400 Kfz/24h); Ausnahme: in den beiden Ballungsräumen Wiesbaden und Frankfurt ab DTV ≳ 3.000 Kfz/24h; restliche akustische Daten oft nur pauschal; Fehler in Einzelfällen: Lageabweichungen, falsche Widmungen, DTV-Werte den falschen Straßen zugewiesen usw. **Stand:** bzgl. DTV wie HLSV-05 (2005), bzgl. Lage wie HLBG (Ende 2006). **Verwendung:** zum Vergleich mit den eigenen Lärmkartierungen.

Geobasisdaten und Straßennetze (DTV-Werte) werden wie folgt kombiniert („&“):

- in WI, überall: HLBG & BSV-00
- in HE u. HEplus: HLBG & HLSV-05, innerhalb von Hessen
  BKG & SVZ 2005[263], außerhalb von Hessen

Kombinieren bedeutet, die realen DTV-Werte vom HLBG-Straßennetz auf die Geobasisdaten (ATKIS-Netz) übertragen. Das erfolgt zunächst in GIS automatisiert, wird aber anschließend zu 100 % manuell kontrolliert, um den Nutzen des GIS-Algorithmus zu ermitteln und um Fehler zu korrigieren (s. Kap. 4.5, S. 153). Danach erhalten alle noch nicht versorgte Straßen folgende pauschale DTV-Werte (Tab. 28):

- in WI: das klassifizierte Netz: Q90*, alle Gemeindestraßen: 500 Kfz/24h
- in HE u. HEplus: das klassifizierte Netz: Q90, alle Gemeindestraßen: 500 Kfz/24h

[261] HLSV = Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, seit 01.01.2012 neuer Name: Hessen Mobil.
[262] HLUG = Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie.
[263] Die Verkehrsmengen der SVZ 2005 sind außerhalb Hessens nicht als GIS-Daten verfügbar (s.S. 168).

Tab. 28: Straßen: Widmung, VBUS-Straßengattung sowie DTV-Pauschalwerte Q90 und Q90.*
Die DTV-Pauschalwerte werden aus der Verteilung berechnet, die entsteht, wenn der DTV-Wert eines jeden Straßenabschnitts mit der Länge des ATKIS-Abschnitts (HLBG) gewichtet wird. Es gilt:

- *Q90* = 90%-Quantil der unveränderten DTV-Werte aus IVU-00; Anwendung: WI*
- *Q90 = 90%-Quantil der geänderten DTV-Werte aus HLSV-05; Anwendung: HE, HEplus*
  Zu den in HLSV-05 durchgeführten Änderungen: s. Kap. 4.5.3 u. 4.5.4, S. 160 u. 166.
  Bei Autobahnen wird Q90/3 bzw. Q90/3 gewählt; Begründung: s. Fußnote 311, S. 164.*

Beachte: Die VBUS kennt nur 4 Straßengattungen und fasst Landes- und Kreisstraßen in „L" zusammen. Die Q90- und Q90-Pauschalwerte werden dennoch getrennt für Landes- und Kreisstraßen ermittelt, wodurch sich beide Widmungen dann doch akustisch in den Emissionspegeln unterscheiden.*

Nr.	**Widmung** (WDM) lt. ATKIS (2008)[264]	WDM	Abk. lt. BKG	Abk. lt. VBUS	zugeordnete **Straßengattung** lt. VBUS, dortige Tab. 2	Q90*[265] [Kfz/24h] SVZ 2000	Q90[266] [Kfz/24h] SVZ 2005[267]
1	Bundesautobahn	1301	A	**A**	Bundesautobahnen	102.393 102.393	(107.667) Q90/3 = 35.889
2	Bundesstraße	1303	B	**B**	Bundesstraßen	24.288 20.490	21.233
3	Landesstraße, Staatsstraße	1305	L	**L**	Landes-, Kreis- und Gemeindeverbindungs-straßen	11.810 7.607	7.447
4	Kreisstraße	1306	K			6.270 4.214	3.974
5a	Gemeindestraße	1307	G	**G**	Gemeindestraßen	500 500	500
5b	Sonstiges	9999					

Die **pauschalen DTV-Werte $DTV_{pauschal}$** werden getrennt für die 4 Widmungen A, B, L und K (s. Tab. 28) **aus den realen DTV-Werten DTV_{real}** der SVZ 2000 (WI) bzw. SVZ 2005 (HE und HEplus) wie folgt ermittelt:

1. Berechne für alle Straßen mit gleichem DTV-Wert die Gesamtlänge und verwende diese als Häufigkeit für das Auftreten dieses einen DTV-Wertes (= Gewichtung mit der Straßenlänge, s.u.)
2. Sortiere alle DTV-Werte absteigend
3. Setze pro Widmung: $DTV_{pauschal}$ = **90%-Quantil** der längengewichteten DTV_{real}[268]
   - Synonyme: $DTV_{pauschal}$ = DTV-Pauschalwert = Qxx, hier: Q90

---

[264] ATKIS-OK = ATKIS-Objektartenkatalog. Zum Zeitpunkt der Bearbeitung die aktuelle Version ATKIS (2008).

[265] Für WI gilt:
a) oberer Wert (grau) = Pauschalwert für die Parameterstudien in Kap. 5 (insb. Tab. 40, S. 194), leicht fehlerhaft
b) unterer Wert (schwarz) = korrekter Pauschalwert
Die fehlerhaften Pauschalwerte (a) überschätzen die Emissionspegel um max. 1,9 dB und betreffen nur wenige Straßen. Da die Parameterstudien zudem **nur *relativ* zueinander** verglichen werden, bleibt der Fehler folgenlos und unkorrigiert.

[266] Zum Vergleich:

		Hessen						Deutschland
		eigene Berechnungen					HLSV (2008)	Elsner (2008)
Nr.	**WDM** (Abk.)	**Q25**	**Q50**	**Q75**	**Q90**	**arithm. Mittel**	**arithm. Mittel**	**arithm. Mittel**
1	A	40.848	55.057	77.565	107.667	62.034	62.000	47.600
2	B	5.569	8.234	12.855	21.233	10.737	10.600	9.210
3	L	1.250	2.317	4.318	7.447	3.415	k.A.	3.920
4	K	570	1.133	2.583	3.974	1.859	k.A.	k.A.

Beachte: Alle Werte in Kfz/24h und aus der SVZ 2005. Einzige Ausnahme: „L" in Elsner (2008) beruht auf SVZ 2000. Die 3 rechten Spalten enthalten arithmetische Mittelwerte, ansonsten: Qxx = xx%-Perzentil der längengewichteten DTV-Werte.

[267] Der Vergleich mit den nebenstehenden Q90* aus SVZ 2000 ergibt: Vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2005 haben die Verkehrsmengen in Hessen: a) auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen *zu*genommen: **+5,2 %** bzw. **+3,6 %**
b) auf Landes- und Kreisstraßen *ab*genommen: **-2,1 %** bzw. **-5,7 %**

[268] In der vorliegenden Arbeit gilt allgemein: In einer der Größe nach geordneten Menge von Datenwerten steht **Qxx** für jenen Wert, der von xx % der Daten *unter*schritten wird (Kreienbrock & Schach, 2005). Qxx-Symbol: s. Fußnote 269, S. 150.

Für den Parameter „pauschaler DTV-Wert“ wird allgemein **Qxx** geschrieben.[269]
Unterhalb des Pauschalwertes Q90 liegen 90 % der gezählten (realen) Straßenabschnittslängen, d.h.

- in 90 % der Fälle gilt: DTV_{real} = DTV(SVZ 2005) < Q90 = $DTV_{pauschal}$

Mit Q90 wird bewusst ein relativ großer Wert gewählt, damit die Pegel eher zu hoch als zu niedrig ausfallen und die kartierten Ruhigen Gebiete mit großer Sicherheit auch wirklich ruhig[270] sind (s. Strategie S8 in Tab. 21, S. 125 und die Begründung in Fußnote 215).

Ein besonderes Problem stellen die **Gemeindestraßen** dar. Sie werden in der SVZ i. Allg. nicht gezählt, und die von einigen Kommunen (z.B. Wiesbaden) selbst durchgeführten Zählungen beschränken sich auf das Hauptnetz (z.B. BSV-00) und sind daher nicht repräsentativ für das weniger stark befahrene Neben- und Ergänzungsnetz (Sammel-, Anliegerstraßen usw.). Nach Sichtung schalltechnischer Gutachten und aufgrund eigener Verkehrszählungen (nicht repräsentative Stichproben) wird für alle nicht-gezählten Gemeindestraßen als **Pauschalwert** angesetzt:

- **$DTV_{pauschal}$(Gemeindestraßen) = 500 Kfz/24h**
  $\stackrel{def}{=}$ **G500** oder allgemein **Gyyy** als Abkürzung

Wie sich diese und andere Pauschalwerte auf die Ergebnisse (Lärmkarten) auswirken, wird später noch ausführlich analysiert.[271]

Schallberechnungen nach VBUS beruhen nicht nur auf DTV-Werten. Viele weitere Parameter (Tab. 26) sind mit Werten zu versorgen, was aufgrund der momentanen Datenlage i. Allg. nur mit Pauschalwerten möglich ist (Tab. 29). Darin unterscheiden sich die hier durchgeführten Kartierungen allerdings weder von der amtlichen Lärmkartierung Hessen 2007 noch von der Lärmkartierung Hessen 2012.

Tab. 29: Straßen: Standard-Pauschalwerte in WI, HE und HEplus.

Abk.	zugeordnete **Straßengattung** lt. VBUS, Tab. 2	v_{Pkw}/v_{Lkw} [km/h]		RQ		max. Längsneigung		D_{StrO} [dB]
		WI	HE HEplus	WI	HE HEplus	WI	HE HEplus	
A	Bundesautobahnen	130/80	130/80	29	3,5	15 %	8 %	0
B	Bundesstraßen	100/80	100/80	14				
L	Landes-, Kreis- und Gemeindeverbindungsstraßen	100/80	100/80	9				
G	Gemeindestraßen	50/50	50/50	9				

Bei den Geschwindigkeiten wird vereinfachend angenommen, dass sich alle Gemeindestraßen (G) innerhalb und alle klassifizierten Straßen (A, B, L und K) außerhalb der Ortsdurchfahrten befinden.[272] Die Änderung des Regelquerschnitts RQ auf einen „Einheits-

[269] Auch wenn es sich nicht um Quantile handelt, wie z.B. Q25 oder Q75. Das hat ausschließlich „historische“ Gründe: Beibehaltung einer anfangs einmal für Quantile gewählten Nomenklatur.
[270] Natürlich nur „ruhig“ hinsichtlich der hier betrachteten einen Lärmquelle „Straßenverkehr“ = „Straße“ = STR.
[271] Schwerpunkte solcher **Parameterstudien** finden sich in Kap. 5 (insb. Tab. 40, S. 194) und Kap. 6 (S. 211).
[272] Die Annahme lässt sich i. Allg. wie folgt beurteilen:

- für A: realistisch
- für B, L und K: *nicht* realistisch, aber dennoch gerechtfertigt

wert“ von 3,5 bei HE und HEplus lässt sich mit den Parameterstudien des Modells WI begründen (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 21): Die Pegeldifferenzen zwischen RQ 29 und RQ 3,5 sind i. Allg. deutlich kleiner als 2 dB. RQ = 3,5 hat den Vorteil, dass weniger Straßen durch Gebäude führen.[273] Die Längsneigung jedes einzelnen Straßenabschnitts wird in der Akustik-Software CadnaA anhand des zuvor erstellten Geländemodells berechnet, ein Rückgriff auf die Werte in HLSV-05 erfolgt nicht, um die Modelle konsistent zu halten. Während in WI noch alle Längsneigungen über 15 % auf den Maximalwert von 15 % begrenzt werden, erfolgt der Schnitt in HE und HEplus schon bei 8 %.[274] Damit reduziert sich der Wertebereich der Steigungszuschläge von 0-6 dB auf 0-1,8 dB.[275] Als Straßenoberfläche wird überall der Standardbelag „nicht geriffelte Gussasphalte, Asphaltbetone oder Splittmastixasphalte“ (VBUS, dortige Tabelle 3) gewählt, was einheitlich D_{StrO} = 0 dB bedeutet, d.h. Zuschläge für besonders „leise“ oder „laute“ Straßenoberflächen (nach VBUS: D_{StrO} = -5 dB bis +6 dB möglich) entfallen.
Die hier gewählten Pauschalwerte stimmen mit denen vieler amtlicher END-Kartierungen überein (z.B. ACCON, 2007).
Die Pauschalwerte durch reale Daten zu ersetzen, lag nicht im Bereich der Möglichkeiten: Suche, Beschaffung und Aufbereitung vorhandener Verkehrsdaten, Simulation von DTV-Werten durch Verkehrsmodelle oder Durchführung systematischer Verkehrszählungen wäre zeitlich, technisch und organisatorisch zu aufwändig gewesen (s.a. Fußnote 272). Der Ankauf von Daten hätte zu hohe Kosten verursacht. Aus der Lärmkartierung Hessen 2007 liegen zwar Informationen zu Geschwindigkeiten u.Ä. vor, aber nur für die wenigen[276] kartierten Straßen. Um homogene Modelle zu erhalten, wird auf die Daten verzichtet.

Schienen
Die Geometrie (2D-Lage) der Schienenwege stammt komplett aus den BKG-Daten (= ATKIS, s. Tab. 25, S. 145), die Zugzahlen hingegen aus 2 anderen Quellen: den aktuellen Fahrplänen des Jahres 2008 und der Verkehrsstatistik von DESTATIS für das Jahr 2005 (DESTATIS, 2007). Anders als bei den Straßen müssen alle Zugzahlen manuell auf die ATKIS-Geometrien übertragen werden.
Allen übrigen Parametern lassen sich nur Pauschalwerte zuweisen (s. Kap. 4.5.5, S. 171).

Allgemeine Begründung (= Plausibilisierung): Durch obige Annahme wird für B, L und K auch innerorts v_{Pkw}/v_{Lkw} = 100/80 km/h statt v = 50/50 km/h angesetzt, was zu ca. 3-5 dB höheren Pegeln führt. Andererseits fehlen v.a. in den größeren Städten innerörtlich reale DTV-Werte, so dass die Straßen dort pauschale DTV-Werte zugewiesen bekommen. Die verwendeten Q90-Pauschalwerte basieren auf landesweiten SVZ-2005-Daten und sind wegen xx = 90 relativ groß, aber häufig immer noch zu klein für innerstädtische Hauptstraßen (s.a. S. 249). Dort herrscht v.a. in größeren Städten ein so hohes Verkehrsaufkommen, dass gilt: $DTV_{pauschal}$ = Q90 < DTV_{real} = unbekannte reale Verkehrsmenge ~ wahrer DTV-Werte = wDTV. Die höheren Geschwindigkeiten sind also deshalb gerechtfertigt, weil sie als Ersatzgröße die tatsächlich höheren DTV-Werte kompensieren sollen. Der Realität werden sie nur näherungsweise und v.a. nur in größeren Städten gerecht. Genauere Modelle ließen sich nur mit Realwerten erstellen. Die liegen aber entweder nicht vor oder wären nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand zu beschaffen gewesen. Spezielle Begründung (= quantitativer Nachweis): Eine solche Beschaffung erfolgte exemplarisch für WI. Mit den dadurch vorliegenden Realwerten für die innerörtlichen Geschwindigkeiten und DTV-Werte werden 2 Modelle aufgebaut: M1) v = 100/80 km/h und DTV = Q90 sowie M2) v = v_{real}, d.h. i. Allg. v = 50/50 km/h, und DTV = DTV_{real}. ⇨ Ergebnis der Modellvergleiche: M1 ~ M2, d.h. beide Modelle verhalten sich akustisch recht ähnlich. Es wird angenommen, das Ergebnis für WI sei verallgemeinerbar.
Nach VBUS sind übrigens allein die *zulässigen* Höchstgeschwindigkeiten relevant, nicht die tatsächlich gefahrenen.

[273] Wird RQ 3,5 als Referenz gewählt, dann können die Differenzen i. Allg. vernachlässigt werden: Bei RQ 9 und RQ 14 sind solche kaum feststellbar und bei RQ 29 betragen sie lediglich auf den ersten 20 m bis zu 2 dB.

[274] Für innerörtliche Straßen gilt als Anhaltswert (Natzschka, 2003): max. Steigung ≤ 8 %, in Ausnahmefällen: ≤ 12 %.

[275] Nach VBUS wird bei Längsneigungen |g| von über 5 % der Emissionspegel um einen **Steigungszuschlag** von D_{Steig} = 0,6 × |g| - 3 [in dB] erhöht. Für 8 % bzw. 15 % lauten die Zuschläge: 1,8 dB bzw. 6 dB. g = Steigung oder Gefälle.

[276] Infolge der 1:1-Umsetzung wurden außerhalb der Ballungsräume nur Straßen mit DTV > 16.400 Kfz/24h kartiert. Das entspricht insg. 1.740 km oder **4 % der Gesamtlänge** des hessischen Straßennetzes (43.829 km) – s.a. Tab. 34, S. 170.

Flugverkehr
Fluglärm wird nur für den Flughafen Frankfurt am Main berechnet, weil nur für diesen ein Datenerfassungssystem (DES) verfügbar ist. Das DES wird unverändert ohne weitere Bearbeitungsschritte oder zusätzliche Pauschalannahmen benutzt, da es alle akustisch relevanten Informationen für die VBUF enthält. Es ist identisch mit dem DES, das der amtlichen Lärmkartierung Hessen 2007 zu Grunde liegt (Tab. 5, S. 70).

Lärmschutzeinrichtungen
Auch für alle Lärmschutzeinrichtungen wird der Original-Datensatz der amtlichen Lärmkartierung Hessen 2007 verwendet. Dieser enthält allerdings keine Lärmschutz*wälle*, sondern nur Lärmschutz*wände* und die auch nur für jene Straßen, die in der 1. Stufe kartiert wurden. Die Lärmschutzwände sind in den Modellen WI, HE und HEplus neben Gebäuden und Gelände die einzigen Objekte mit abschirmender Wirkung.

Objekte und Daten, die nicht berücksichtigt werden
Folgende Objekte finden sich in keinem der Modelle:

- Tunnel und Brücken
- Dämme, Einschnitte und Lärmschutzwälle[279]

Ohne Brücken verlaufen alle Straßen und Schienen strikt auf dem Gelände, d.h. anstatt auf einer Brücke über ein Tal zu gehen, führen sie auf der einen Seite den Hang hinab und auf der anderen wieder hinauf. Damit wird analog zur Lärmkartierung Hessen 2007 vorgegangen. Berechnungen zeigen, dass selbst bei großen Talbrücken (oder Tunnelbauwerken) die auftretenden Fehler lokal begrenzt sind und keinen grundsätzlichen Einfluss auf die Ergebnisse haben (s.S. 306 für Tunnel). Zudem wäre jedes einzelne Objekt manuell in das Berechnungsmodell zu integrieren gewesen, was bei **14.726 Brücken und 290 Tunnel**[277] mit einer Gesamtlänge von 404,1 km bzw. 170,0 km einen unverhältnismäßig hohen Aufwand bedeutet hätte (s.a. Pareto-Prinzip, S1 in Tab. 21, S. 125).
Um lokale Modellverbesserungen und eine bessere Akzeptanz in der Öffentlichkeit zu erzielen, *kann* es Sinn machen

- alle Tunnel und Brücken über einer bestimmten Länge zu berücksichtigen[278]
- Dämme, Einschnitte und Lärmschutzwälle über ein genaueres DGM zu erfassen[279]

---

[277] Datengrundlage: ATKIS des HLBG und BKG (Tab. 24, S. 143).
[278] Beispiel: Wie viele „große" Brücken (1. Summand) und „große" Tunnel (2. Summand) gibt es in Hessen und welchen Anteil besitzen sie an der Gesamt*anzahl?* (in Klammern: Anteil an der Gesamt*länge*):

- Brücken- bzw. Tunnellänge > 100 m: 400 + 221 = 621 ≙ 4,1 % (39,3 %)
- Brücken- bzw. Tunnellänge > 200 m: 49 + 170 = 219 ≙ 1,5 % (29,9 %)
- Brücken- bzw. Tunnellänge > 500 m: 0 + 114 = 114 ≙ 0,8 % (24,7 %)

Wenige Objekte (4,1%) verursachen bereits eine beachtliche akustische Wirkung (39,3%) – Pareto-Prinzip, s.S. 125: Tab. 21, S1. Der Aufwand reduziert sich beachtlich, wenn man nur die „großen" und daher akustisch relevanten Objekte korrekt als Brücken bzw. Tunnel modelliert.
[279] Auch das hier verwendete DGM-D (Höhenpunkte im 25-m-Raster) erfasst bereits ausgedehnte Dämme, Einschnitte und Lärmschutzwälle, schmalere aber nur teilweise oder „zufällig" bzw. gar nicht, s.a. S. 235: Abtasttheorem.

4.5 Akustik-Modelle

Alle Arbeitsschritte, die zum Aufbau der später diskutierten Akustik-Modelle (s.S. 129: Tab. 22, Phase 0-6) durchgeführt wurden, werden so detailliert beschrieben, dass sie grundsätzlich reproduzierbar und auf andere Anwendungsfälle übertragbar sind.

4.5.1 Phase 0: Diplomarbeit

In der Diplomarbeit (Jäschke, 2007; s.a. Tab. 22, S. 129) wurden neben fundamentalen methodischen Fragen erste Untersuchungen zum Einfluss akustischer Parameter auf die Ergebnisse einer Kartierung mittels Akustik-Software durchgeführt. Damals war es nur möglich, 2 Teilbereiche von Wiesbaden zu untersuchen (s.u.). Die wurden so gewählt, dass sie typische Merkmale eines Ballungsraumes und eines ländlichen Bereiches aufweisen. Die Diplomarbeit lieferte erste Anregungen für größere Projekte und lässt sich als praxisorientierte Machbarkeitsstudie einstufen. Angesichts des vorgegebenen zeitlichen Umfanges mussten damals 2 bedeutsame Einschränkungen in Kauf genommen werden: Es ließen sich bloß die *vermeintlich* wichtigsten Parameter studieren und die auch nur an 2 relativ kleinen und *nicht repräsentativen* Gebieten (s.o. Tab. 22, S. 129).
Die Parameterstudien in WI (Phase 1) setzen diese Arbeiten nicht einfach fort, sondern gehen weit darüber hinaus, weil nun ***alle*** relevanten akustischen Parameter am Beispiel der zweitgrößten Stadt Hessens ***repräsentativ*** untersucht werden.[280]

Für die Phasen 1 bis 4 werden anschließend alle Objekte eines Modells in der Reihenfolge

1. Rechen- und Modellgebiet,
2. Gelände,
3. Lärmquellen,
4. Gebäude und
5. Lärmschutzwände

nacheinander beschrieben.
Phase 5 (GES im Modell HEplus) und Phase 6 (Modell D) folgen in Kap. 7.2 bzw. 8.
Alle Arbeitsschritte, die notwendig sind, um von den Daten über das Berechnungsmodell zur Lärmkarte zu gelangen, lassen sich anhand der vorne schon aufgeführten Abb. 17 (S. 142) nachverfolgen. Sie gilt zwar speziell für Straßen in WI und HEplus, ist aber sinngemäß auch auf andere Modelle übertragbar.

4.5.2 Phase 1: Wiesbaden – WI

Das Modell WI beinhaltet ausschließlich Straßen als Lärmquellen.

Rechen- und Modellgebiet

Das Rechengebiet (**ReG**) stimmt exakt mit der Fläche der Stadt Wiesbaden überein.
Das Modellgebiet (**MoG**) resultiert aus einer allseitigen Erweiterung der Stadtgrenze (= Rand von ReG) um **+4 km** nach außen.[281] Die Wahl von 4 km ließ sich schon im Vorfeld der Erstellung von WI aus 2 Gründen rechtfertigen:

- Die Diplomarbeit (Jäschke, 2007, dort Kap. 5.2.2) hat gezeigt, dass ein Suchradius von 4 km ein guter Kompromiss zwischen den gegenläufigen Größen Rechenzeit und Genauigkeit (Pegelfehler) ist

[280] Alle Parameter der Diplomarbeit werden erneut analysiert: Die Resultate bestätigen die Ergebnisse von damals (Phase 0).
[281] In Tab. 40 (S. 194) enthält Nr. 2 Aussagen, die sich auf Entfernungen und Suchradien r_S = 4-6 km > 4 km beziehen. Sie folgen nicht aus dem Modell WI, sondern aus einer nachträglichen Detailanalyse im Modell HEplus.

- Die VBUS-Berechnung einer geraden, unendlich langen Straße mit DTV = „höchster DTV-Wert aller Straßen in HEplus“ = 150.654 Kfz/24h ergibt, dass selbst bei einer Autobahn und freier Schallausbreitung gilt:
    - L_{DEN} < 35 dB(A) ab 4.100 m Entfernung, s.a. Tab. 49, S. 227

Die in WI durchgeführten Parameterstudien bestätigen die 4 km (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 2).

Gelände

Für Geländehöhen stehen 3 Datensätze zur Auswahl:

(1) BKG-Daten (Tab. 24, S. 143) $\stackrel{\text{def}}{=}$ **25-m-Standard-DGM**:
- Höhenpunkte (HP) im 25-m-Raster
- Die HP decken ganz MoG ab, auch die Flächen im angrenzenden Bundesland Rheinland-Pfalz (Stadt Mainz)
- **807.697 HP** (100 %) in MoG
    - 40 % in ReG, 60 % außerhalb ReG; in Zahlen: 326.230 bzw. 481.467 HP

(2) Laserscan-Höhen im Stadtgebiet von Wiesbaden $\stackrel{\text{def}}{=}$ **5-m-Laser-DGM**:
- HP im genaueren 5-m-Raster, entstanden aus einer Laserscan-Befliegung der Stadt Wiesbaden im Jahre 2006 (Wiesbaden, o.J.), organisiert in 1 km × 1 km Kacheln, die teilweise etwas über ReG hinausgehen[282]
- **10.069.366 HP**, zumindest ganz ReG abdeckend, aber nicht ganz MoG

(3) Laserscan-Höhen im Stadtgebiet + BKG-Daten außerhalb $\stackrel{\text{def}}{=}$ **5-m-Standard-DGM**:
- (1) und (2) werden optimal kombiniert:
    - innerhalb ReG: 5-m-Laser-DGM mit 8.236.312 HP[283]
    - außerhalb ReG, ReG-Nähe: 5-m-Laser-DGM mit 1.833.054 HP
    - außerhalb ReG, Rest: 25-m-Standard-DGM mit 416.480 HP
- **10.485.846 HP** insg. in ganz MoG
    - 79 % in ReG, 21 % außerhalb ReG[284]

Das **25-m-Standard-DGM** (1) ergibt sich aus dem DGM-D des BKG, indem von den ca. 53 Mio. HP (100 %), die in Hessen plus Außenbereich existieren (Tab. 24, S. 143), jene gelöscht werden, die außerhalb MoG (= Stadtgrenze + 4 km) liegen. Sie sind akustisch irrelevant und würden daher nur unnötig Speicherplatz wegnehmen und das Datenmanagement erschweren (s.S. 154). Die verbleibenden 807.697 HP (~1,5 %) bilden das **25-m-Standard-DGM** für WI.

Um den Einfluss des DGM auf Ergebnisqualität, Rechenzeit und leichte Weiterverarbeitung zu untersuchen, werden in CadnaA aus dem 25-m-Standard-DGM verschiedene **alternative DGM** durch folgende Operationen abgeleitet:

(i) *Geometrische Vereinfachungen*: Aus dem 25-m-Standard-DGM (Original) werden solange HP eliminiert, bis sich die Geländeoberfläche des dadurch neu entstehenden DGM an keinem Punkt um mehr als x Meter vom Original unterscheidet.[285] So ist einerseits ein genau definierter Genauigkeitsverlust – x Meter maximale Höhendif-

---

[282] Die HP-Daten sind wie folgt organisiert: 1) Das gesamte Rechengebiet von WI wird von 253 nicht überlappenden 1 km × 1 km großen Kacheln überdeckt, von denen 249 komplett und 4 teilweise mit HP im 5-m-Raster gefüllt sind. Aufgrund der unregelmäßigen Stadtgrenze (= ReG-Grenze) erstrecken sich die Kacheln unterschiedlich weit über ReG hinaus und versorgen auch diese Bereiche mit 5-m-HP.

[283] Gegenüber (1) sollte sich aufgrund der 5-mal höheren Rasterweite die Anzahl der HP um das $(25\ m/5\ m)^2$ = 25-fache erhöhen. In guter Näherung dazu gilt: 8.236.312 HP/326.230 HP = 25,2.

[284] Vgl. mit Abb. 20, S. 159: gelb = Stadtgebiet von Wiesbaden = 5-m-Laser-DGM, grau + weiß = außerhalb der Stadtgrenze von Wiesbaden = 5-m-Laser-DGM nur in unmittelbarer ReG-Nähe, der überwiegende Rest hingegen 25-m-Standard-DGM.

[285] CadnaA-Funktion „Ausdünnen“.

ferenz zwischen Original und ausgedünntem Modell – definiert, andererseits reduzieren sich sowohl Speicherplatz als auch Rechenzeit deutlich (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 18)

(ii) *Änderung der Repräsentation der Höheninformationen*: Das 25-m-Standard-DGM wird in CadnaA in Form von Höhenpunkten gespeichert (dargestellt). Aus diesen lassen sich Iso-Höhenlinien interpolieren, die sich um einen beliebig wählbaren Höhenlinienabstand – z.B. y Meter – unterscheiden. An den Iso-Höhenlinien lassen sich erneut geometrische Vereinfachungen vornehmen, indem man sie z.B. analog zu (i) glättet[286]. Die (geglätteten) Iso-Höhenlinien kann man dann wieder in HP zurückverwandeln usw.
Es werden zwar zahlreiche weitere DGM auf Grundlage von (ii) generiert, berechnet und analysiert, aber sie bringen gegenüber dem 25-m-Standard-DGM keine oder keine so überzeugende Verbesserung, dass es gerechtfertigt wäre, Strategie S2 – möglichst lange mit Original-Daten arbeiten (Tab. 21, S. 125) – aufzugeben

Das **5-m-Laser-DGM** (2) ist wegen der benutzten Erhebungsmethode (Laserscan) wesentlich genauer als (1) und eignet sich deshalb als Referenz und zum direkten Vergleich mit (1). Es beschränkt sich jedoch im Wesentlichen auf ReG (s.o. und Fußnote 282) und ist außerhalb durch die HP aus 25-m-Standard-DGM zu ergänzen. Das so aus 5-m- und 25-m-DGM kombinierte Gesamtmodell mit insgesamt 10.485.846 HP wird als **5-m-Standard-DGM** bezeichnet. Bei Analysen in der Nähe der Stadtgrenze ist zu beachten, dass bestimmte Effekte dort evtl. nur wegen der beiden ungleichen Höhenmodelle auftreten.

WI zeichnet sich durch folgende Merkmale aus (s.a. Abb. 18, nächste Seite):

- Gelände- und Siedlungsstrukturen:
  - **Gelände**: von **61 m** am Rhein **bis 617 m** auf den Taunushöhen mit typischen Elementen sowohl des Flachlandes als auch der Mittelgebirge
  - **Siedlungs- und Freiraum**: hochverdichtete Areale in der Innenstadt, die zum Stadtrand hin tendenziell immer weiter auflockern und in den eingemeindeten Stadtteilen ländliche Züge annehmen. Zwischen den Siedlungsgebieten liegen landwirtschaftlich genutzte Freiflächen und in den höheren Lagen des Taunus große Waldflächen
  - ⇨ abwechslungsreiche Strukturen und akustische Topologien (s.S. 136)
  - ⇨ WI ist ***„akustisch“*** **repräsentativ**
- Flächengröße von ReG:
  - WI: 204 km² – i. Vgl. dazu: Hessen: 21.116 km², HEplus: 23.415 km²
  - ⇨ WI ist mit **ca. 1 % von Hessen** und **HEplus** ***„flächenmäßig“*** repräsentativ

⇨ WI ist ***„insgesamt“*** **repräsentativ** für Hessen und HEplus

[286] CadnaA-Funktion „Stich“.

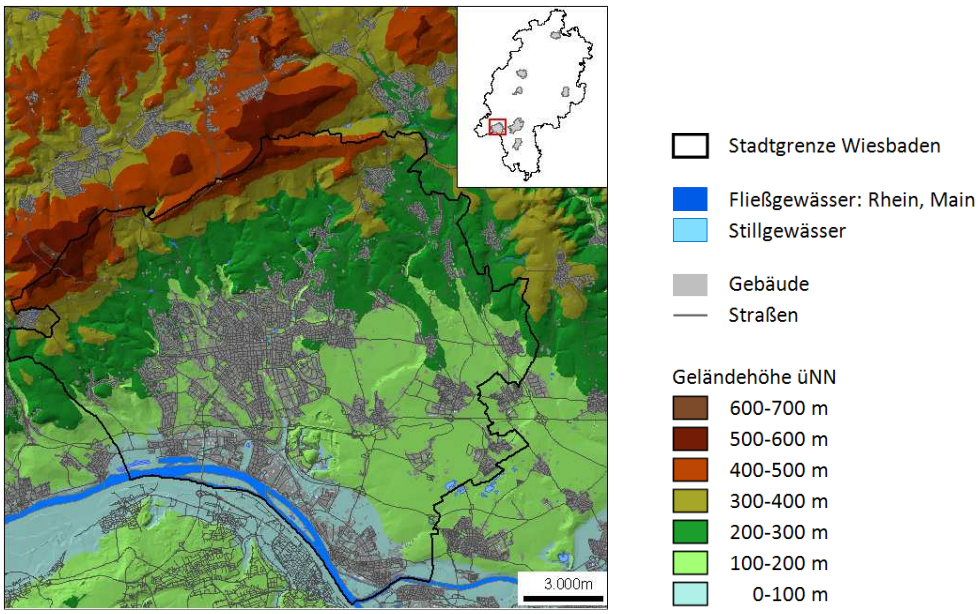


Abb. 18: Stadt Wiesbaden und Modell WI: Gelände- und Siedlungsstrukturen.
Die Geländehöhen stammen aus dem Höhenmodell von HEplus (s.S. 167 i.V.m. S. 161), weil sich die Höhenmodelle zu WI nur bis 4 km jenseits der Stadtgrenze (schwarze Linie) erstrecken und daher den Ausschnitt nicht vollständig abdecken. In dem hier gewählten Maßstab lassen sich keine Unterschiede zwischen den Höhenmodellen aus WI und HEplus erkennen.

Straßen

Als die Arbeiten an WI beginnen, ist noch unklar, ob es im Anschluss daran überhaupt gelingen wird, so hochwertige, faire und großflächige Modelle wie HE oder HEplus aufzustellen und zu berechnen. Technische oder organisatorische Probleme hätten das verhindern können. Letztlich ließ sich dieses Hauptziel (s.S. 8 ff.) auch nur deshalb erreichen, weil es gelang, mit Hilfe von WI dafür optimal geeignete Parameterwerte zu ermitteln – was aber so nicht vorauszusehen war. Um flexibel zu bleiben, wird daher entschieden, WI so realistisch und so vielseitig verwendbar wie möglich aufzubauen. Für die Parameterstudien allein wäre das nicht zwingend erforderlich gewesen. Hierfür hätten z.B. die DTV-Werte durchweg pauschal, wenn auch nach Straßengattungen differenziert, zugewiesen und auf reale DTV-Werte (Tab. 27, S. 147) ganz verzichtet werden können. Dem Vorteil, einige Monate Arbeit einzusparen, hätte aber der Nachteil gegenübergestanden, WI kaum mehr anderweitig verwenden zu können. Um sich **alle Optionen offen zu halten,** wird ein **bestmögliches Modell WI** erstellt. Dazu werden als Erstes alle vorhandenen 6 Netze[287] (Tab. 27, S. 147) untereinander, mit Luftbildern, digitalen topografischen Karten sowie eigenen Ortskenntnissen verglichen, um sowohl aus den 2 lagegenauen Netzen *ohne* DTV-Werte (BKG und HLBG) als auch den 4 lage*un*genauen Netzen *mit* DTV-Werten (BSV-00, IVU-00, HLSV-05 und HLUG-05) jeweils das optimale Netz auszuwählen. Dadurch ist Folgendes gewährleistet:

- **Die optimalen DTV-Werte werden auf die optimalen Geometrien übertragen**

Für die Straßen-Geometrien wird primär HLBG gewählt (Tab. 25, S. 145). Da es nur Daten für den hessischen Teil des Modellgebietes enthält, muss BKG für den Außenbereich (hier: Rheinland-Pfalz) ergänzend herangezogen werden (s. Abb. 19 und Abb. 20).

[287] IVU-05 lag erst vor, nachdem die Modelle WI, HE und HEplus fertiggestellt waren, s.S. 147: Tab. 27, letzter Absatz.

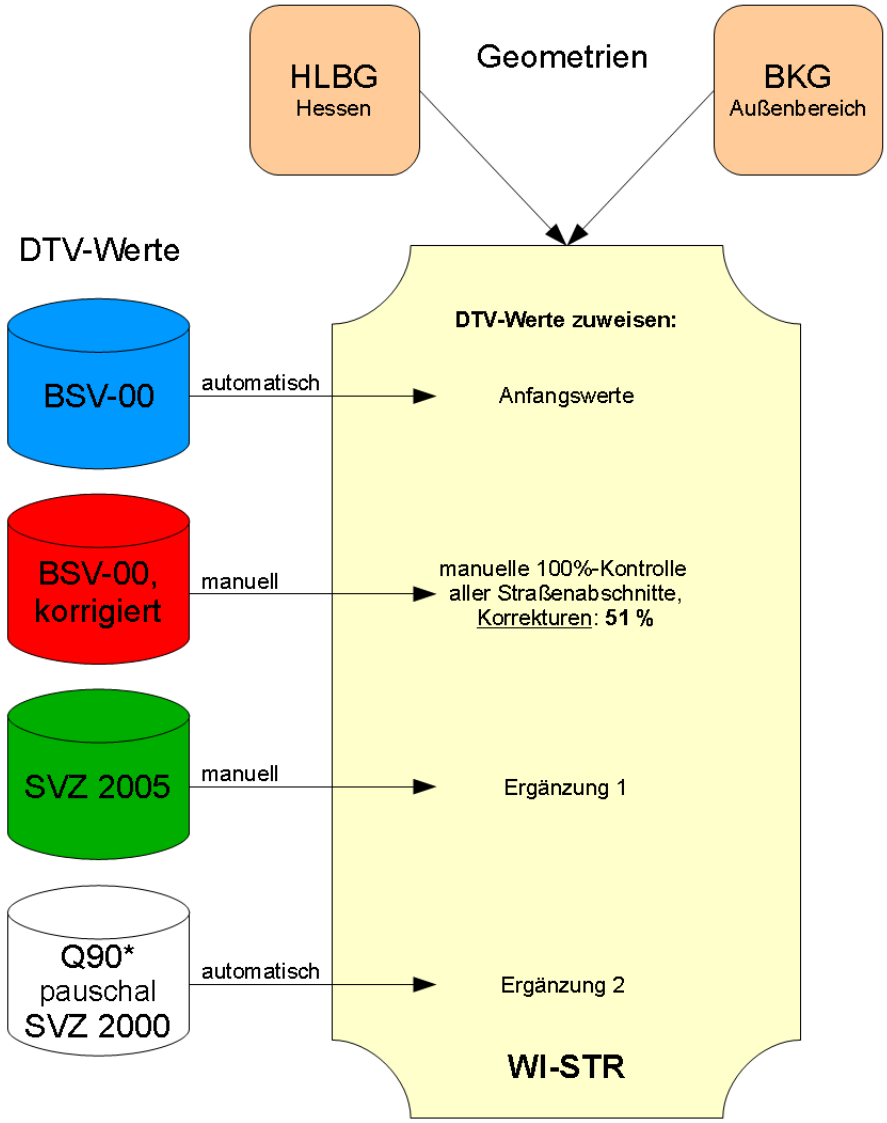


Abb. 19: Modell WI: Zuweisung von DTV-Werten an die Straßen-Geometrien.

Die Zuweisung der DTV-Werte erfolgt in mehreren Stufen (Abb. 19). Gestartet wird mit BSV-00, da es das Netz mit den meisten realen innerstädtischen DTV-Werten ist und es noch dazu auf einem lokalen Verkehrsmodell beruht (Tab. 27, S. 147). Da die beiden Netze HLBG(+BKG) und BSV-00 über **keinen** gemeinsamen **Primärschlüssel** verfügen, ist eine eindeutige Zuweisung „mit nur einem Mausklick" nicht möglich. Stattdessen muss ersatzweise auf eine **GIS-Prozedur**[288] zurückgegriffen werden, die – grob gesagt – zu jedem BSV-00-Abschnitt jenen aus HLBG(+BKG) sucht, der ihm am nächsten liegt und auf diesen dann den DTV-Wert überträgt. Das funktioniert sehr gut bei den weitmaschigen Straßennetzen außerhalb der Ortslagen. Bei dichteren und somit vor allem innerstädtischen Straßennetzen kommt es hingegen häufig zu Fehlzuweisungen, weil mal die „richtige", mal eine „falsche" Straße am nächsten zu BSV-00 liegt. Bei BSV-00 kommt erschwerend hinzu, dass einige Straßenabschnitte sehr grob digitalisiert wurden und dort Lageabweichungen von mehreren hundert Metern gegenüber HLBG(+BKG) auftreten. Die

[288] ArcGIS-Funktion: „Spatial Join", modifiziert, um den Anteil der Fehlzuweisungen zu reduzieren.

Ergebnisse der GIS-Prozedur werden deshalb einer 100%-Kontrolle unterzogen und alle Straßenabschnitte manuell überprüft mit dem Ergebnis:

- **51 %** der automatischen Zuweisungen sind **falsch** und werden korrigiert[289]

Dennoch erweist sich das Vorgehen als hilfreich, denn die Erfahrungen mit der GIS-Prozedur lassen sich später bei HE und HEplus erfolgreich weiterentwickeln (S. 162). Zudem müssen die 49 % Straßen mit korrekten DTV-Werten nur überprüft, nicht aber manuell zugewiesen werden.

Nach den Korrekturen werden noch die Daten der SVZ 2005 für Hessen und Rheinland-Pfalz herangezogen, um weitere DTV-Werte manuell zu ergänzen. Die danach immer noch verbleibenden Abschnitte ohne reale DTV-Werte erhalten die Pauschalwerte der Tab. 28 (S. 149): alle Gemeindestraßen 500 Kfz/24h und alle anderen ihren widmungsspezifischen Q90*-Wert auf Grundlage der SVZ 2000 (Stand: 2000, wie BSV-00).

Damit besitzt jede Straße einen DTV-Wert und ist als Schallquelle „aktiv".

Weil für jeden der 26.391 Straßenabschnitte registriert wurde, aus welcher der 4 Quellen (Nr. 1-4 in Tab. 30) er stammt, lässt sich nachfolgende Bilanz aufstellen (Tab. 30).

Tab. 30: Modell WI: Herkunft der DTV-Werte sowie Anteil mit Real- und Pauschalwerten.
Die Angaben gelten für das endgültige Straßennetz von WI (MoG) nach sämtlichen Korrekturen; s. Abb. 20.

Nr.	Herkunft der DTV-Werte	Legende in Abb. 20	Straßenabschnitte aus HLBG(+BKG)		
			Anzahl	Länge	Längenanteil
1	BSV-00	BSV-00	3.829	405,1 km	18,2 %
2	BSV-00, modifiziert[290]	BSV-00, modifiziert	517	55,2 km	2,5 %
3	SVZ 2005	SVZ 2005	463	64,7 km	2,9 %
4	Q90*, pauschal	Q90*-Pauschalwert	21.582	1.704,1 km	76,4 %
5	alle Straßen in WI	-	26.391	2.229,1 km	100 %
6	Straßen mit realen DTV-Werten	Anmerkung: Summe von Nr. 1, 2 und 3	4.809	525,0 km	**23,6 %**

Vom Gesamtnetz waren 2,5 % zu modifizieren und 51 % zu korrigieren. Durch das lokale Straßennetz BSV-00 können 20,7 %[291] aller Straßen im Modellgebiet mit realen DTV-Werten versorgt werden (Nr. 1 + 2).

Die **Ergänzungen durch SVZ 2005** machen nur **2,9 %** aus und betreffen zudem überwiegend Bereiche außerhalb von ReG, was ihren Nutzen begrenzt.

Insgesamt beträgt der Längenanteil der Straßen mit realen DTV-Werten somit **23,6 %**.

Dadurch liegt für WI ein Basisnetz (Straßenhauptnetz i.S. von DIN 45682, 2002) vor, das fast alle stark befahrenen Straßen mit Realwerten abdeckt und auch den Innenstadtbereich umfasst (grüne Straßen in Abb. 20). Die restlichen und weitaus meisten Straßen können nur mit **pauschalen DTV-Werten** belegt werden. Von diesen **76,4 %** entfallen 84,3 % auf Gemeindestraßen und nur 15,7 % auf das klassifizierte Netz.[292]

Aufgrund der hier gemachten Erfahrungen wird **empfohlen**:

- Straßennetze mit gemeinsamen Primärschlüsseln aufzubauen (s.a. S. 145)
- zuverlässigere DTV-Werte für Gemeindestraßen zu erheben (s.a. S. 150)

---

[289] Durch automatische Zuweisungen erhalten insgesamt 480,8 km einen DTV-Wert. Bei 237,1 km (49,3 %) erweisen sich die Zuweisungen als richtig und bei 243,7 km (50,7 %) als falsch.

[290] Bei diesen Abschnitten ist z.B. der aus BSV-00 stammende DTV-Wert zu halbieren, weil statt des einen Linienobjektes in BSV-00 in BKG (ATKIS) zwei parallel verlaufende Straßenobjekte vorliegen. Deshalb wird der BSV-00-Wert *modifiziert*, d.h. *nicht* der Originalwert verwendet.

[291] Vgl. mit HE-STR (S. 164) u. HEplus-STR (S. 170), MoG: 21,9 u. 21,8 % mit realen DTV-Werten, allerdings aus SVZ 2005.

[292] Vgl. mit HE-STR (S. 164) u. HEplus-STR (S. 170), MoG: 78,2 u. 78,1 % Gemeindestraßen und 21,8 u. 21,9 % klass. Netz.

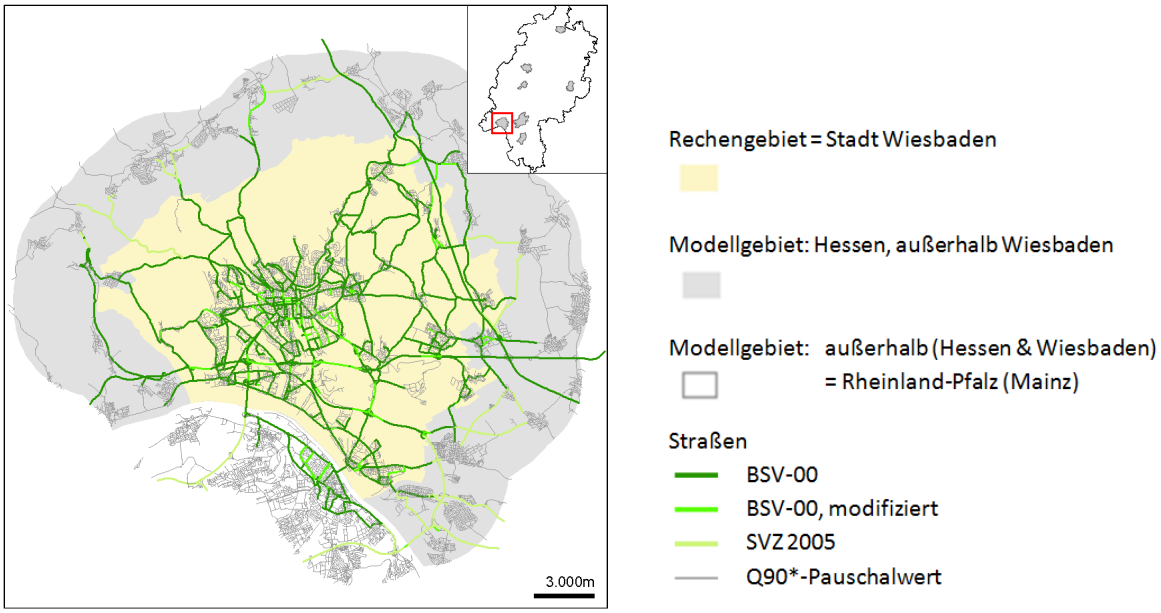


Abb. 20: Modell WI: Straßennetz mit Herkunft der DTV-Werte, Rechen- und Modellgebiet.
MoG besteht aus 3 Teilen: 1) gelb = ReG = Stadtgebiet von Wiesbaden. 2) grau = „hessischer Außenbereich" von ReG = Flächen in Hessen, die sich bis 4 km Entfernung von ReG erstrecken. 3) weiß = „nicht-hessischer Außenbereich" von ReG = Rheinland-Pfalz, bis 4 km. Numerische Angaben zu den Straßen: s. Tab. 30.

Gebäude

Analog zum Gelände stehen auch Gebäude aus verschiedenen Quellen zur Verfügung:

(1) ALK-Daten des HLBG (s. Tab. 24, S. 143) $\stackrel{\text{def}}{=}$ **Gebäude-ALK**:
- für ganz Hessen vorhanden
- *alle ohne* Höhenangaben (2D): weder Gebäudehöhen noch Stockwerke etc.
- 222.141 Objekte in WI, davon:
  - 117.620 Objekte oder 53 %[293] in ReG, 47 % außerhalb ReG[294]

(2) Laserscan-Gebäude der Stadt Wiesbaden $\stackrel{\text{def}}{=}$ **Gebäude-Laserscan**:
- nur im Stadtgebiet von Wiesbaden (= ReG) vorhanden[295]
  - 117.932 Objekte oder 100 % in ReG, 0 % außerhalb ReG[296]
- *alle mit* Höhenangaben (3D): Gebäudehöhe = h_{real}, s.S. 194: Tab. 40, Nr. 29

Außerhalb Hessens werden *generell keine* Gebäude berücksichtigt, s. Tab. 25, S. 145.

Bei (1) und (2) zählen zu den Gebäuden auch Garagen, Bushäuschen, Litfaßsäulen, Silos, Gartenlauben, Hundezwinger, Erker, Balkone usw., bei (1) zusätzlich auch die in der ALK vorhandenen unterirdischen Gebäude (Tiefgaragen etc.).

Nachfolgend werden die Begriffe **Gebäude** und **Haus synonym** benutzt. Gemeint sind stets *alle* Objekte des jeweiligen Datensatzes (1) oder (2).

Gebäude-Laserscan bietet den Vorteil, dass hier alle Gebäude eine reale Höhe besitzen, während Gebäude-ALK nur die 2D-Lage liefert (s. Kap. 4.4.1, S. 143). Für das **Standardmodell WI** wird dennoch Gebäude-ALK verwendet, um kompatibel zu den hessenweiten

---

[293] Für ReG und den Außenbereich (= MoG - ReG) ergeben sich in WI folgende Verhältniszahlen für ReG:(MoG - ReG):
a) Flächen: wie 40:60, entspricht in Abb. 20 dem Verhältnis der gelben Fläche zur grauen + weißen Fläche
b) Straßen: wie 41:59, ähnlich wie die Flächen, s. Tab. 22, S. 129
c) Gebäude: wie 53:47, weil sich die Gebäude auf ReG (= WI = gelb) konzentrieren u. die weiße Fläche keine Gebäude hat
d) HP: wie 79:21, weil in ReG die HP im 5-m-Raster und außerhalb im 25-m-Raster vorliegen

[294] Die Gebäude liegen alle im hessischen Teil von MoG, da außerhalb Hessens keine verfügbar waren (s. Kap. 4.4.1, S. 143).

[295] Aus derselben Laserscan-Befliegung wie das Geländemodell „5-m-Laser-DGM".

[296] Die Abweichung gegenüber ALK (1) ist auf leicht unterschiedliche Erfassungsstände zurückzuführen – und irrelevant.

Modellen HE und HEplus zu sein, für die ausschließlich die 2D-Gebäude der ALK verfügbar sind. Es wird eine **Pauschalhöhe von 10 m** gewählt, um dadurch vergleichbar mit Phase 0 zu bleiben. In den Parameterstudien werden Gebäude-ALK und Gebäude-Laserscan miteinander verglichen, um den Einfluss der Gebäudehöhen zu ermitteln. Gebäude-Laserscan wird außerdem genutzt, um durch eine Analyse der realen Gebäudehöhen eine plausible Pauschalhöhe (8 m)[297] zu finden, die dann in HE und HEplus zum Einsatz kommt (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 29).
Die Absorptionseigenschaften der Gebäude enthält kein Datensatz, so dass pauschal ein Absorptionsgrad von **0,37** vergeben wird, was nach VBUS (dortige Tab. 5) der Reflexionsart „gegliederte Hausfassaden (z.B. Fassaden mit Erkern, Balkonen etc.)" entspricht und zu einem Reflexionsverlust des auftreffenden Schallstrahls von 2 dB führt.
An den Gebäuden des Standardmodells werden folgende Operationen *nicht* durchgeführt:

- geometrische Vereinfachung, z.B. kleine Gebäude entfernen oder Umrisse glätten
- Höhenzuweisungen in Abhängigkeit von der Grundfläche, der Gebäudeform oder der Lage – z.B. in Wohn-, Misch-, Industrie- oder Sondergebieten (s. BauNVO)

Das soll die Interpretation der Ergebnisse vereinfachen, steht in Einklang mit Strategie S2 (Tab. 21, S. 125) und wird später durch die Parameterstudien gerechtfertigt.

Lärmschutzwände
Aus dem Original-Datensatz der Lärmkartierung Hessen 2007 (S. 152) werden alle Lärmschutzwände (LSW) herausgefiltert, die in WI liegen:

- **97** LSW mit einer Gesamtlänge von **33 km** (≙ 9 % von Hessen)

Anschließend sind ihre aus dem DGM der Lärmkartierung Hessen 2007 stammenden absoluten Höhen in relative zu konvertieren, um die LSW auf das WI-spezifische DGM legen zu können. Die Absorptionsgrade α werden aus dem Original-Datensatz übernommen. Die wenigen LSW, die in WI keine α-Werte besitzen, erhalten pauschal α = **0,60**.[298]

Aufbau des Modells
Erst wird das DGM in die Akustik-Software importiert, dann folgen nacheinander die Straßen, Gebäude und LSW, welche anschließend alle auf das DGM gelegt werden.[299]
Für alle Straßenabschnitte werden aus dem DGM die Steigungen und daraus die Steigungszuschläge D_{StrO} nach VBUS berechnet.

4.5.3 Phase 2: Hessen – HE

Das Modell HE beinhaltet nur Straßen als Lärmquellen.

Rechen- und Modellgebiet
Das Rechengebiet ist identisch mit dem Bundesland Hessen, das Modellgebiet umfasst den gesamten Außenbereich **bis 5 km** Entfernung.[300]

---

[297] In WI wird noch mit einem Pauschalwert von 10 m gerechnet, was jedoch die damit erzielten Ergebnisse nicht weiter einschränkt.
[298] In Bezug auf die Gesamtlänge aller LSW im Datensatz der Lärmkartierung Hessen 2007 ist das jener Wert, der am häufigsten auftritt *und* am plausibelsten ist: Es gibt 941 LSW mit einer Gesamtlänge von **354,0 km**. Für den Absorptionsgrad α liegen folgende Werte vor: a) α = 0: 216,8 km (61,2 %) – am häufigsten, aber *un*plausibel b) α = 0,21: 3,3 km (0,9 %) c) α = 0,60: 83,0 km (23,4 %) – am häufigsten *und* plausibel d) α = 0,84: 50,9 km (14,4 %)
[299] CadnaA-Funktion: „Objekt an DGM anpassen" bei Straßen und LSW. Bei Gebäuden hingegen erfüllt das Attribut „relative Höhe" die gleiche Funktion – „relativ" bezieht sich auf die Geländeoberfläche (Bodenhöhe).
[300] Gegenüber WI wird der Außenbereich sicherheitshalber von 4 km auf 5 km erhöht.

Das Bundesland Hessen ist als Polygon im Basis-DLM enthalten (S. 143: Tab. 24, Nr. A5). Es lässt sich aber aus 2 Gründen nicht direkt verwenden:

1. Das Polygon enthält mitten in Hessen kleine „Lücken“ als Artefakte. Um dem Risiko unvorhersehbarer Softwareeffekte in CadnaA und ArcGIS vorzubeugen, werden alle „Lücken“ manuell eliminiert
2. Beim Import des „artefaktfreien“ Polygons nach CadnaA stellt sich heraus, dass die Software nur Polygone mit maximal 10.000 Stützstellen verarbeiten kann, hier aber 31.295 zu importieren wären. Deshalb muss zunächst der Polygonrand geglättet und die Anzahl auf unter 10.000 reduziert werden. Das geglättete Polygon weicht vom Original-Grenzverlauf um maximal **±8 m** ab, was ohne Bedeutung ist

Gelände

Das DGM des BKG wird verwendet, was den Vorteil hat, dass alle Daten aus einer Quelle kommen.[301] Die darin enthaltenen **53 Mio. Höhenpunkte (HP)**[302] lassen sich nicht alle gleichzeitig nach CadnaA importieren, da programmintern nur maximal 16 Mio. HP verwaltet (adressiert) werden können. Dadurch hätte HE in 4 Teilbereiche aufgeteilt und für jeden Teil ein separates Rechenmodell erstellt werden müssen. Alle Arbeitsschritte[303] wären 4-mal zu wiederholen gewesen, was einen 4-fachen Aufwand bedeutet hätte. Außerdem hätten die 4 separat berechneten Pegelraster am Ende noch zu einem Gesamtraster zusammengefügt werden müssen. Dieser aufwändige und fehleranfällige Weg lässt sich jedoch vermeiden, weil die Parameterstudien zu WI zeigen, dass auch hochwertige Modelle *nicht alle* HP benötigen, sondern jene HP ausreichen, die verbleiben, wenn man die Original-HP mit einer Genauigkeit von **2 m glättet („ausdünnt“)**.[304]

Nach dieser geometrischen Vereinfachung, die in allen 4 Teilbereichen separat erfolgt, können die verbleibenden HP in ein **Gesamt-DGM** integriert werden, aus dem dann noch die doppelten HP an den überlappenden Teilbereichsrändern zu entfernen sind. Abschließend wird nochmals mit 2 m geglättet. Auf diese Weise lassen sich die 53 Mio. Original-HP auf nur noch **4,1 Mio.** oder **8 %** reduzieren.

Bei der abschließenden Qualitätskontrolle fallen 2 HP durch völlig unplausible Höhen auf. Sie werden sicherheitshalber eliminiert, damit keine irreführenden Anomalien in den Ergebnissen auftreten (s.o., Nr. 1).

Zuletzt werden alle HP außerhalb des Modellgebietes gelöscht (17 % der 4,1 Mio.) und für HE nur noch die verbleibenden **3,4 Mio.** oder **6 % der Original-HP** benutzt. Das nun vorliegende, **mit 2 m ausgedünnte DGM** besitzt i. Vgl. zum Original-DGM etliche Vorteile:

- 16-mal geringerer Speicherplatz
- 4-mal geringere Rechenzeiten
- 4-mal geringerer Modellierungsaufwand *bei gleichzeitig*
- geringen Pegelfehlern: nur 1 ‰ mit dL > 3 dB (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 18)

---

[301] Siehe Kap. 4.4.1, S. 143, s.a. S. 125: Tab. 21, Strategie S6 und Kap. 8.1.1, S. 327.

[302] Es wird mit dem kompletten Datensatz des BKG gearbeitet, der Hessen und den Außenbereich bis 12 km umfasst. Erst am Ende werden alle HP außerhalb HE – worin sich der Außenbereich bis 5 km erstreckt – gelöscht. Dadurch entsteht ein Gesamt-DGM, das sich für weitere, über HE räumlich hinausgehende Modelle (HEplus) nutzen lässt.

[303] Beispiele: Straßen, Gebäude und LSW hinzuladen.

[304] CadnaA-Funktion: „Höhenpunkte ausdünnen“. Der Algorithmus entfernt von den 53 Mio. Original-HP solange HP, bis die dadurch entstehende „ausgedünnte“ (geglättete) Geländeoberfläche von der Oberfläche der Original-HP um nicht mehr als 2 m abweicht. Gerade im Hinblick auf das relativ grobe 25-m-Raster der HP und die nur pauschal zugewiesenen Gebäudehöhen sind 2 m grundsätzlich vertretbar. Die Parameterstudien zu WI bestätigen das (S. 194: Tab. 40, Nr. 18).

Straßen
Das Vorgehen ist in Abb. 21 dargestellt und ähnelt dem in WI.

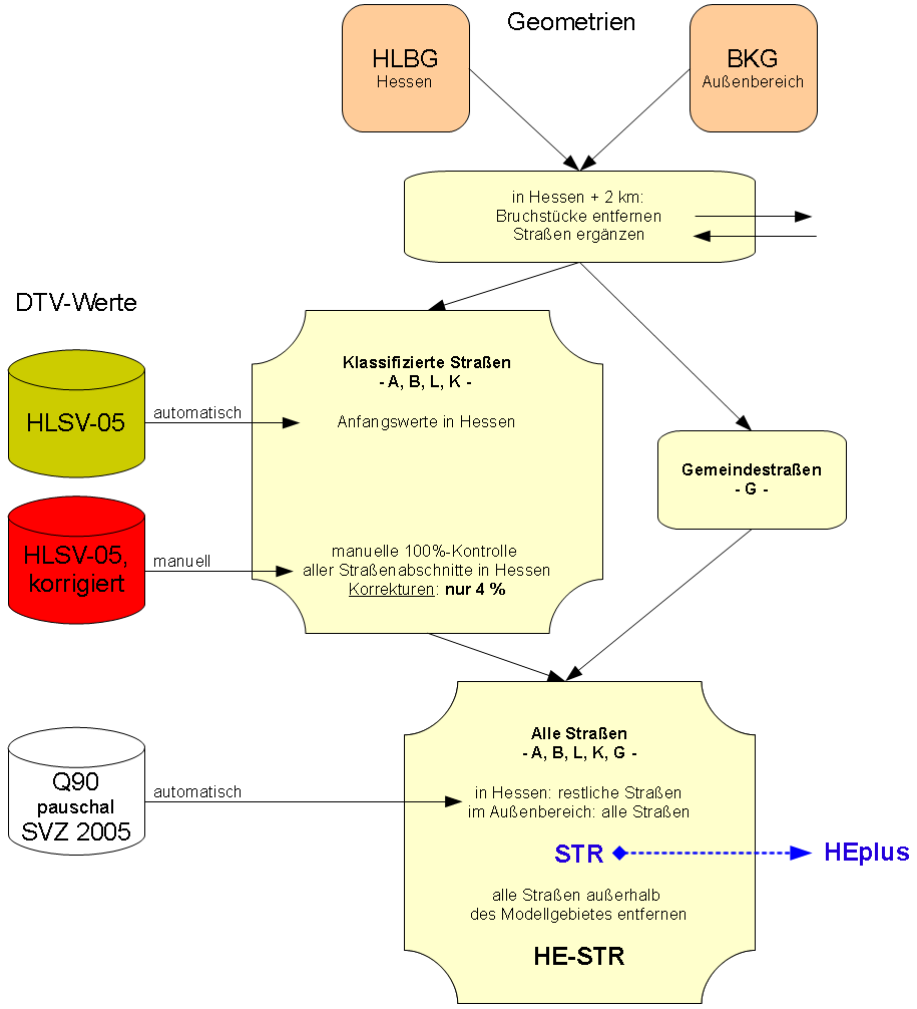


Abb. 21: Modell HE: Zuweisung von DTV-Werten an die Straßen-Geometrien.

Die Straßengeometrien werden aus 2 Quellen kombiniert: in ReG (= Hessen) das HLBG-Netz und außerhalb ReG das BKG-Netz (s. Tab. 25, S. 145). Dabei wird das BKG-Netz zunächst auch außerhalb MoG importiert und bearbeitet (analog zum Gelände, s.o.). Das entstehende Gesamtnetz (HLBG+BKG) enthält zahlreiche kleine Straßenabschnitte, die keine Verbindung zum restlichen Gesamtnetz aufweisen. Diese **Bruchstücke** würden durch die spätere Zuweisung von pauschalen DTV-Werten als Quellen aktiviert und könnten zu unerwünschten Artefakten führen und z.B. Ruhige Gebiete eliminieren. Deshalb wird ganz Hessen sowie der Außenbereich bis 2 km Entfernung nach solchen Bruchstücken abgesucht und diese dann deaktiviert.
Umgekehrt kommen ca. 750 m Straße hinzu, um markante Netzlücken zu schließen.[305]
Nachdem die Bearbeitung der lagegenauen Geometrien (HLBG+BKG) beendet ist, lassen sich die DTV-Werte aus HLSV-05 übertragen. Damit nicht wieder so viele automatische

[305] In HLBG fehlende, aber in Luftbildern vorhandene Straßenabschnitte werden unter bewusster Missachtung des Pareto-Prinzips ergänzt.

Zuweisungen fehlschlagen wie in WI (51 %), wird das **Gesamtnetz vorübergehend in 2 Teilnetze aufgespalten** (s. Abb. 21):

1. klassifizierte Straßen (A, B, L und K, s. Tab. 31) – 38,9 %
2. Gemeindestraßen (G) – 61,1 %

Anschließend werden die DTV-Werte aus HLSV-05 mittels „Spatial Join" *ausschließlich* auf die klassifizierten Straßen (1) übertragen. Dadurch erhalten 3.225 Straßenabschnitte (AT-KIS-Objekte) oder 11.726,3 km[306] reale DTV-Werte. Eine manuelle 100%-Kontrolle zeigt den Nutzen der Zweiteilung:

- **96 % Erfolgsquote**, d.h. 96 % der automatischen Zuweisungen sind jetzt **korrekt**
- ⇨ Nur noch **4 %** der DTV-Werte sind **manuell zu korrigieren**

Je nach Anwendungszweck – z.B. für ein *grobes* landesweites Screening – *kann* es ausreichen, hier abzubrechen und keine weiteren manuellen Korrekturen mehr vorzunehmen (Pareto-Prinzip[307], s. Strategie S1, Tab. 21, S. 125). Für das hier verfolgte Hauptziel – *bestmögliche* Lärmkarten, s. Kap. 1.5, S. 76 und Kap. 3.1, S. 121 – wird jedoch entschieden, **das *bestmögliche* Netz aufzubauen** und alle manuellen Korrekturen durchzuführen.[308]

Für andere Bundesländer oder künftige hessische Straßennetze können sich andere „Spatial Join"-Erfolgsquoten ergeben, weil diese stark davon abhängen, wie weitmaschig und passgenau die DTV- und Geometrienetze sind. Daher wird **empfohlen** (s.S. 158):

- als *generelles* Erfolgsrezept: Das Management amtlicher Daten sollte behördenübergreifend nach einheitlichen, für alle verbindlichen Regeln und wenigstens über gemeinsame Primärschlüssel erfolgen – **keine parallelen Datenwelten** (s.o.)
- als *spezielles* Erfolgsrezept: Vor der automatischen Zuweisung von DTV-Werten mittels „Spatial Join" sind die Gemeindestraßen abzutrennen und nur die klassifizierten Straßen zu berücksichtigen (zu „joinen")[309]

Nach den automatischen Zuweisungen wird das klassifizierte Netz (1) vollständig überprüft und korrigiert und danach wieder mit den Gemeindestraßen vereinigt. Anschließend erhalten alle noch nicht mit realen DTV-Werten versorgte Straßen die pauschalen Q90-Werte der Tab. 28 (S. 149). Außerhalb von ReG (= Hessen) wird das Straßennetz *nicht* manuell mit realen DTV-Werten der SVZ 2005 ergänzt, weil (a) der erforderliche Aufwand als zu hoch eingeschätzt wurde und (b) es wichtiger schien, schnell ein funktionsfähiges „großes Modell" fertigzustellen, um mit ersten Berechnungen beginnen zu können.

Das bisher aufgebaute Straßenmodell wird als Modell **STR** (Abb. 21) zwischengespeichert, um es später für das jetzt schon anvisierte Modell HEplus erweitern zu können. Es enthält in ReG (= Hessen) alle Straßen mit bestmöglichen realen und pauschalen DTV-Werten und außerhalb (= Hessengrenze + 12 km) alle Straßen mit pauschalen DTV-Werten. Zum Schluss werden alle Straßen außerhalb von MoG (= Hessen + 5 km) entfernt, um das für HE benötigte Straßenmodell **HE-STR** zu erhalten (Tab. 31).

---

[306] HLSV-05 enthält insg. 3.457 Straßenabschnitte mit einer Gesamtlänge von 12.505,0 km. Davon weisen 232 Abschnitte (778,7 km = 6,2 %) einen DTV-Wert von „0" auf, vermutlich weil die vorgesehenen SVZ-Zählungen ausfielen ⇨ 12.505,0 km - 778,7 km = 11.726,3 km ⇨ Daraus werden *nach* den manuellen Korrekturen die 11.728,1 km der Tab. 31.

[307] Wenn die sehr arbeitsintensiven Vorstudien nicht mitgezählt werden, dann gilt als Faustformel:

- 96 % der DTV-Werte lassen sich in einem Arbeitstag (~17 %) zuweisen, 4 % in 5 Arbeitstagen (~83 %)
- Oder: 17 % Aufwand (Kosten) ergibt einen Nutzen (Ertrag) von 96 % – i.S. des Pareto-Prinzips eine *sehr gute* **96-17-Regel**

[308] Trotz der 100%-Kontrollen ist nicht davon auszugehen, dass danach alle Zuweisungen auch „100%-genau" (= perfekt) sind. Gründe: 1) Bei jeder Fehlerbeseitigung (Kontrolle und manuellen Zuweisung) können wieder neue Fehler entstehen. 2) Bei etlichen Zuweisungen standen mehrere plausible Alternativen zur Auswahl, von denen die scheinbar „vernünftigste" gewählt wurde, um sich weitere aufwändige Recherchen zu ersparen.

[309] Das gilt speziell nur für SVZ-Zählungen (oder ähnliche Fälle), die i. Allg. keine Gemeindestraßen beinhalten (zählen).

Tab. 31: Straßenmodell HE-STR: Gesamtlänge ⇔ Länge mit realen DTV-Werten aus SVZ 2005.
Für die in HE definierten Modell- und Rechengebiete sind pro Widmung angegeben:
1) Länge_alle = Gesamtlänge aller Straßen
2) Länge_SVZ = Länge der Straßen mit realen DTV-Werten aus SVZ 2005
3) Anteil = Länge_SVZ/Länge_alle = Straßenlänge mit realen DTV-Werten i. Vgl. zur Gesamtlänge
Zum Vergleich mit a) HEplus-STR: s. Tab. 34, S. 170 und b) D: s. Tab. 79, S. 328.

		Modellgebiet = MoG			Rechengebiet = ReG = Hessen		
Widmung	Abk.	insg.	mit DTV aus SVZ 2005 (HLSV-05 + Korrekturen)		insg.	mit DTV aus SVZ 2005 (HLSV-05 + Korrekturen)	
		Länge_alle	Länge_SVZ	Anteil	Länge_alle	Länge_SVZ	Anteil
Autobahnen	A	1.627,3 km	950,0 km	58,4 %	1.368,3 km	wie in MoG, da außerhalb ReG nur Pauschal-werte	69,4 %
Bundesstraßen	B	4.084,8 km	2.867,0 km	70,2 %	3.357,5 km		85,4 %
Landesstraßen	L	8.783,8 km	6.511,7 km	74,1 %	7.240,1 km		89,9 %
Kreisstraßen	K	6.357,9 km	1.391,2 km	21,9 %	5.071,9 km		27,4 %
Gemeindestraßen	G	32.799,9 km	8,2 km	0,03 %	26.789,3 km		0,03 %
Summe	-	53.653,7 km	11.728,1 km	**21,9 %**	43.827,2 km		**26,8 %**

Im Rechengebiet sind die **Bundes- und Landesstraßen** mit **ca. 85 bzw. 90 %** sehr gut mit realen DTV-Werten aus der SVZ 2005 (HLSV-05) versorgt. Die Stärke dieser Schallquellen wird daher flächendeckend realistisch wiedergegeben, vorausgesetzt die SVZ-2005-Daten stimmen. Bei den **Autobahnen** kommen die noch guten, aber relativ niedrigen **69,4 %** wie folgt zustande: Die SVZ 2005 liefert DTV-Werte nur für die zwischen 2 Netzknoten befindlichen Abschnitte (Hauptfahrbahnen)[310], nicht hingegen für die zahlreichen kleinen Äste (Ein- und Ausfahrten, Rampen usw.). Äste besitzen aber in ATKIS ebenfalls die Widmung „Autobahn" und machen zusammen 30,6 % der Gesamtlänge des Autobahnnetzes in Hessen aus. Sie verlaufen keineswegs nur parallel zu den mit realen DTV-Werten belegten Abschnitten, sondern entfernen sich von diesen bis zu mehreren 100 m (z.B. bei Autobahnkreuzen). Um hier den Lärm annähernd realistisch zu erfassen und dennoch keine unnatürlich starken Quellen zu erzeugen, erhalten alle Äste statt Q90 lediglich ⅓ × Q90.[311] Weitaus kritischer sind **Kreisstraßen** zu bewerten, weil nur **27 %** reale DTV-Werte erhalten und umgekehrt 73 % mit Q90-Pauschalwerten vorliebnehmen müssen. Vor allem dort, wo Kreisstraßen über Land führen und die einzige Lärmquelle darstellen – also außerhalb der Ortsdurchfahrten –, fallen die Q90-Pegel i. Allg. höher als die tatsächlichen Pegel aus und überschätzen folglich den Lärm.[312] Damit handelt es sich bei HE-STR um ein konservatives Modell („Worst Case"), das – wie beabsichtigt – hinsichtlich der Ruhigen Gebiete nur kleine Fehler 1. Art duldet, dafür aber höhere Fehler 2. Art tolerieren muss (s.S. 120 u. S. 125: Tab. 21, Strategie S8). Einen 100%-Ausfall stellen die **Gemeindestraßen** mit **0 %** dar, da sie in der SVZ fast nie gezählt werden.

---

[310] Die Bezeichnungen entsprechen denen von BASt (2011, S. 13, Hervorhebungen durch den Autor):
- „... wird jede Straße in **Abschnitte** unterteilt, die sich aus der vorhandenen Straßennetzstruktur ergeben, deren Grundelement der **Netzknoten** ist ... Jeder Abschnitt wird durch zwei Netzknoten begrenzt, die durch eine eindeutige Nummerierung zu bezeichnen sind."
- „Die innerhalb eines Netzknotens vorhandenen Verbindungsarme zur Verknüpfung von Straßen werden als **Äste** bezeichnet und gehören zum Netzknoten."
- „Mit den solchermaßen definierten Abschnitten und Ästen lässt sich das gesamte Straßennetz vollständig erfassen."

[311] Verlaufen parallel zu einem Abschnitt beidseitig Äste (z.B. Ein- und Ausfahrten), entstünde ein Gesamt-DTV = 2 × Q90(Ast) + DTV(Abschnitt). Um das zu vermeiden, wird $DTV_{pauschal}$ = ⅓ × Q90 = Q90/3 zugewiesen und nicht Q90 – das allerdings nur bei Autobahnen.

[312] Die Aussage basiert auf folgenden Überlegungen:
1) Q90 besagt, dass für 90 % der in SVZ 2005 gezählten Kreisstraßen gilt: Q90 > DTV_{real}(Kreisstraße, SVZ 2005)
2) Es ist davon auszugehen, dass in der SVZ 2005 bevorzugt stark befahrene Straßen gezählt werden und somit gilt:

Q90 > DTV_{real}(Kreisstraße, SVZ 2005) = DTV_{real}(Kreisstraße, gezählt)
> $DTV_{pauschal}$(Kreisstraße, *nicht* gezählt) = $DTV_{pauschal}$(Kreisstraße, *nicht* SVZ 2005)

Die **Empfehlung** lautet deshalb (s.a. S. 150 und 158):

- Für **Kreis- und Gemeindestraßen** sind mehr reale DTV-Werte zu erheben:
    - Erhebungsmethoden: Verkehrssimulationen (Verkehrsmodelle), automatische oder manuelle Verkehrszählungen
    - Neben „exakten" gutachterlichen Erhebungen sind für *strategische* Lärmkartierungen auch „grobe" Zählungen oder Abschätzungen ausreichend[313]
    - Grund: **Fehler im DTV-Wert um Faktor 2 ≙ Pegelfehler von nur 3 dB**

In MoG fällt die Versorgung mit DTV-Werten generell schlechter aus, weil die außerhalb von ReG (also in „MoG - ReG") befindlichen Straßen allesamt Pauschalwerte besitzen.

Gebäude

Alle **4,8 Mio. Gebäude** der vom HLBG bereitgestellten ALK (s. Tab. 24) werden genutzt. Im Standardmodell von HE beträgt der Absorptionsgrad **0,37** und die Haushöhe **8 m**. Die 8 m sind aufgrund einer Analyse der realen Gebäudehöhen in WI (s.S. 159: Höhen aus Gebäude-Laserscan) für Hessen repräsentativer als die in WI verwendeten 10 m. Geometrische Vereinfachungen usw. finden nicht statt (s. WI: S. 159).

Lärmschutzwände

Der Datensatz der Lärmkartierung Hessen 2007 wird komplett mit allen 941 Lärmschutzwänden (354 km) benutzt.

Die Daten sind allerdings nicht als sehr zuverlässig einzustufen:

1) 61,2 % besitzen keinen[314] Absorptionsgrad. Ihnen wird für beide Seiten der LSW ein Pauschalwert von 0,60 – „absorbierende Lärmschutzwände" nach Tab. 5 der VBUS mit einem Reflexionsverlust von 4 dB – zugewiesen
2) Selbst bei Straßen mit RQ 29 beträgt der Abstand zwischen der äußeren Fahrbahnachse – auf welcher nach VBUS die Schallquelle angenommen wird – und der LSW in zahlreichen Fällen 15 m oder mehr, ohne dass unmittelbar hinter der quellfernen LSW ein schützenswertes Gebäude liegt. Wird angenommen, die realen LSW seien sachgerecht errichtet worden, so weist das auf eine ungenaue Erfassung oder Digitalisierung hin. Eine genauere Ursachenaufklärung scheitert an den fehlenden Metadaten und der nicht vorhandenen Dokumentation. Es wird entschieden, dennoch alle LSW zu übernehmen und ihre Lage nicht manuell zu verändern (s.S. 125: Tab. 21, Strategie S2), weil jede Lageänderung willkürlich wäre und einen Vergleich mit den Ergebnissen der Lärmkartierung Hessen 2007 erschweren würde. Ortsbegehungen kamen angesichts der hessenweiten Verteilung der LSW nicht in Betracht. Akustisch wirken sich die vermeintlichen Lagefehler allerdings nur auf die Belastetenzahlen (nach VBEB) und „Hotspots" aus. Für hochwertige pRGx sind sie bedeutungslos, weil die LSW naturgemäß in unmittelbarer Nähe starker Quellen liegen und damit dort, wo die Qualität x sowohl mit als auch ohne LSW sehr schlecht ist ($x \sim 60\text{-}70 \gg 35$)

Wie in WI, so sind auch hier alle absoluten Höhen in relative umzurechnen.[315]

Aufbau des Modells

Analog zu WI werden alle Straßen, Gebäude und LSW auf das DGM gelegt[316], und anschließend die Straßen-Steigungen aus dem DGM berechnet.

---

[313] „Grobe" Zählungen könnten aufgrund ihres geringen Aufwandes für viel mehr Straßen erfolgen als „exakte" Zählungen.
[314] 498 der 941 LSW bzw. 216,8 km der insg. 354 km weisen einen Absorptionsgrad von „0" auf, s.a. Fußnote 298, S. 160.
[315] Bei 7 LSW ergeben sich vollkommen unplausible relative Höhen. Sie erhalten die Durchschnittshöhe von 3,5 m.
[316] Siehe Fußnote 299, S. 160.

4.5.4 Phase 3: Hessen plus Außenbereich – Straßen – HEplus(STR)

Das Modell HEplus(STR) beinhaltet nur Straßen als Lärmquellen.

Nomenklatur der Modelle

Für die ab jetzt behandelten Modelle gilt die Nomenklatur der Tab. 32.

Tab. 32: Nomenklatur der Modelle.

Nr.	Modell	Objekte des Modells und Verwendung der Nomenklatur
1	**HEplus-Basis**	• Alle Basisdaten (DGM, ALK, LSW), aber keine Schallquellen
2	**HEplus-STR** **HEplus-SCH** **HEplus-FLG**	• Alle Schallquellen *einer* Lärmart (Straße, Schiene oder Flugverkehr) inkl. aller quellen-spezifischen Fachdaten (= Attribute und Attributwerte) o Hier in Phase 3 wird nur HEplus-STR behandelt o HEplus-SCH folgt in Phase 4a (S. 171) u. HEplus-FLG in Phase 4b (S. 181)
3	**HEplus(STR)** **HEplus(SCH)** **HEplus(FLG)**	• Basisdaten + *eine* der 3 Lärmarten • Das vollständige Berechnungsmodell für CadnaA o Hier in Phase 3: HEplus-Basis + HEplus-STR = HEplus(STR)
4	**HEplus**	• Anstelle von Nr. 3, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind oder wenn Aussagen für alle 3 Modelle (alle 3 Lärmarten) gelten
5	**STR** **SCH** **FLG**	• Anstelle von Nr. 2, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind o. bei allgemeingültigen, nicht auf HEplus beschränkten Aussagen zu den 3 Lärmarten • Anstelle von Nr. 3, aus den gleichen Gründen, insb. wenn später ausschließlich mit HEplus-Basis gearbeitet wird, s. Kap. 7.1.1, S. 272 • Achtung: In Kap. 4.5 ist STR abweichend durch Abb. 21 definiert (s.a. Abb. 22)
6	**GES**	• Gesamtlärm; wird erst in Kap. 7.2.2 (S. 289) eingeführt und erörtert

Phase 3 beschreibt die Erstellung von

- HEplus(STR) = HEplus-Basis + HEplus-STR

HEplus(STR) verwendet einen wesentlichen Teil der STR aus HE (s.S. 162: Abb. 21, blaue Schrift) und ist so konzipiert, dass es HE räumlich und inhaltlich vollständig ersetzt:

- HE ⊆ HEplus = HEplus(STR), s. Abb. 13, S. 131 – „⊆" = Teilmenge

Das rechtfertigt es, alle Analysen und Ergebnisse dieser Arbeit (s. Kap. 6 u. 7) auf HEplus zu beschränken und HE nicht weiter zu betrachten (s. Kap. 5.4, S. 210).

Rechen- und Modellgebiet

In HE stimmt ReG mit der Landesfläche von Hessen überein. Das hat den Nachteil, dass mit den Pegeln auch die potentiell Ruhigen Gebiete (pRG) an der Landesgrenze abrupt enden. Dadurch bleibt die wahre Ausdehnung der grenzüberschreitenden pRG unbekannt und es steht zu befürchten, dass man ihre Bedeutung unterschätzt und ihren Schutz vernachlässigt.[317]

Um dieser Gefahr zu begegnen, wird HE durch HEplus räumlich erweitert, indem ReG nicht mehr auf Hessen beschränkt bleibt, sondern **bis zur nächsten Straße reicht**. Damit gelingt es, auch alle **grenzüberschreitenden** pRG in voller Ausdehnung zu kartieren. Folglich berücksichtigt HEplus, dass **natürliche Phänomene** sich nicht um die aus ihrer Sicht künstlich und willkürlich gezogenen Verwaltungsgrenzen kümmern. Im Gegensatz zu HE erfasst HEplus also die wahre Flächengröße und Bedeutung aller grenzüberschreitenden pRG. Zu diesen gehören immerhin 7 der 19 pRG35 über 20 km² (s. Tab. 75, S. 310).[318]

[317] Beispiel: Ein großes pRG wird durch die Landesgrenze künstlich in 2 gleich große Teile zerlegt und fällt dadurch als Ganzes aus der Rangliste der 10 größten pRG heraus.

[318] Die Angaben beziehen sich auf den Gesamtlärm L_{DEN}(GES).

Das neue ReG entsteht folgendermaßen: An einer beliebigen Stelle der Landesgrenze entfernt man sich von dieser soweit in den Außenraum hinein, bis man auf den nächstgelegenen Straßenabschnitt trifft und setzt auf der Hessen abgewandten Straßenseite den Startpunkt des neuen ReG-Umrisses. Diesen ergänzt man um ganz Hessen herum mit weiteren Punkten auf den jeweils abgewandten Seiten der nächstgelegenen Straßenabschnitte, bis sich der Umriss am Startpunkt wieder schließt. Da Gemeindestraßen mit DTV = 500 Kfz/24h in unmittelbarer Straßennähe Immissionspegel von bis zu 60 dB(A) verursachen, werden auch sie beim manuellen Digitalisieren berücksichtigt.[319]
Bei der Digitalisierung von ReG ergibt sich ein Problem: Östlich der Landesgrenze bei Amorbach und Gräfendorf liegen die nächsten Straßen in einer so großen Entfernung (15 km) von Hessen, dass sie nicht mehr in den BKG-Daten (bis ca. 12 km) enthalten sind. Dort werden deshalb erst die fehlenden Straßen anhand von Luftbildern und topografischen Karten (TK25) von Hand digitalisiert, dann das DGM ergänzt (s.u.) und danach die Eingabe von ReG vervollständigt.
MoG erstreckt sich wie schon in HE **bis 5 km** über ReG hinaus.

Gelände
Bereits für HE wurde ein Geländemodell aus allen BKG-Höhenpunkten aufgebaut, das Hessen und den Außenbereich bis ca. 12 km umfasst. Es wird auch für HEplus verwendet und lediglich in Gräfendorf und Amorbach um die dort fehlenden HP ergänzt (s.o.).
In Amorbach gestaltet sich das besonders einfach: Die HP-Lücken befinden sich am äußersten *Rande von MoG* in etwa 5 km Entfernung von ReG. Da dort keine extrem starken Lärmquellen liegen, die im 5 km entfernten ReG noch L_{DEN} ~ 35 dB(A) verursachen, sind hier keinerlei Digitalisierungen erforderlich (außerdem gilt: r_S = 4 km < 5 km).
Anders in Gräfendorf, wo sich die Lücke am *Rande von ReG* befindet und die fehlenden HP zu digitalisieren sind. Dazu importiert man die TK25 nach ArcGIS, georeferenziert diese und gibt entlang der TK-Höhenlinien insgesamt 343 HP ein.
Das DGM von HEplus-Basis setzt sich folglich zusammen aus

- den 4,1 Mio. HP des Gesamt-DGM aus HE, entstanden aus dem Original-DGM des BKG und nachfolgender Ausdünnung auf 2 m (S. 161) und
- den hier digitalisierten 343 HP um Gräfendorf[320]

Straßen
Den Ausgangspunkt bildet das für HE erstellte Straßenmodell STR (s.S. 162: Abb. 21, blaue Schrift), das in Hessen unverändert übernommen, aber im Außenbereich in mehreren Schritten ergänzt wird (Abb. 22):

1. Die fehlenden Straßen in Gräfendorf werden digitalisiert (s.o.)

---

[319] Die Methode „nächstgelegene Straße" hat allerdings zur Folge, dass HEplus auch pRG35 (allgemein: pRGx) enthält, die *komplett* außerhalb von Hessen liegen (s.S. 310: Tab. 75, Lage = „a"). Ihr Flächenanteil beträgt jedoch nur **4,6 %** der Gesamtfläche aller kartierten pRG35. Die zwei **größten pRG35, die *komplett* außerhalb von Hessen liegen**, belegen hinsichtlich L_{DEN}(GES) mit 36 km² und 31 km² die **Ränge 7 und 9** in der Rangliste der flächengrößten pRG35 (s. Tab. 75, S. 310). Das nächstgrößere, *komplett* außerhalb Hessens gelegene pRG35 besitzt lediglich eine Fläche von 0,6 km² und steht auf Rang 113. Diese „Fehler 1. Art" (für Hessen) sind aber unschädlich für die weiteren Analysen. Ihre Ursache lässt sich am besten durch ein idealisiertes Beispiel verdeutlichen: Gegeben sei eine Straße, die im Außenbereich (= außerhalb Hessens) von Süden kommend nach Norden parallel zur Landesgrenze verläuft. An einer bestimmten Stelle y entfernt sie sich von der Grenze dergestalt, dass sie fast einen Vollkreis beschreibt, dieser aber 200 m nördlich von y wieder auf die ursprüngliche Nord-Süd-Achse zurückführt. Wenn der Vollkreis groß genug ist – z.B. 10 km Durchmesser – und sich in ihm keine weitere Lärmquelle befindet, dann weist die Lärmkarte dort ein pRG35 auf, weil die Digitalisierung von ReG ja entlang der Straße („jenseits") erfolgte. Weil aber die Straße zwischen y und y + 200 m Pegel von L_{DEN} > 35 dB(A) verursacht, wird das pRG35 von Hessen abgeschnürt und befindet sich vollständig jenseits der Landesgrenze.
[320] Das Pareto-Prinzip wird bewusst missachtet, wie zuvor schon in Fußnote 305, S. 162.

2. Bruchstücke werden analog zu HE gesucht und eliminiert (s.S. 162). Die Suche erstreckt sich auf jenen Bereich des zu HEplus gehörenden ReG, der gegenüber HE neu hinzugekommen ist und über diesen hinaus bis zu einer Entfernung von 2 km
3. Außerhalb Hessens wird bei möglichst vielen Straßen der pauschale DTV-Wert aus HE durch einen realen DTV-Wert der SVZ 2005 ersetzt, um den Anteil pauschaler DTV-Werte zu verringern (s. Tab. 33, S. 169)

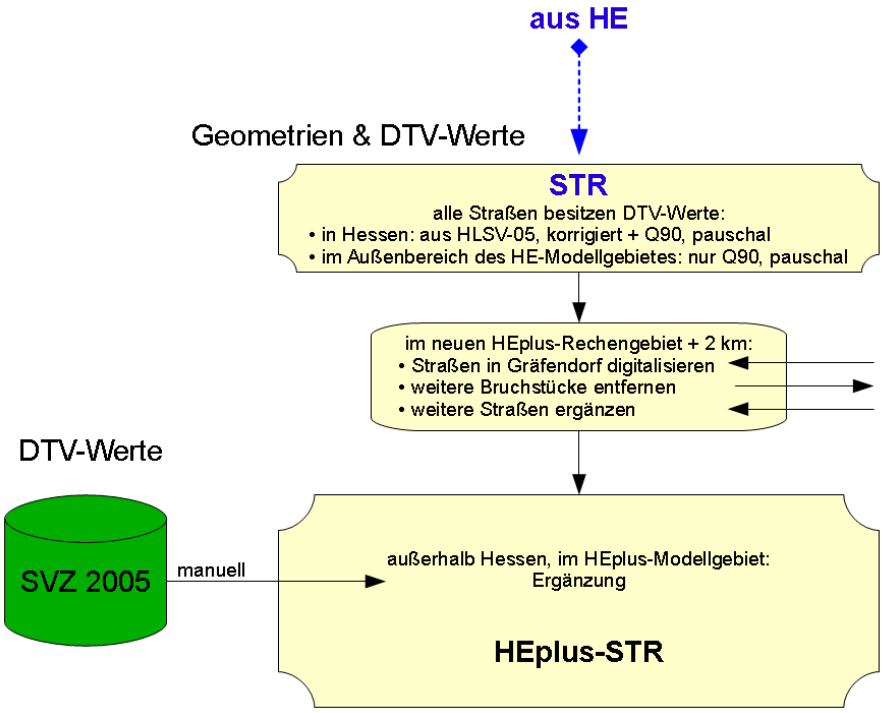


Abb. 22: Modell HEplus-STR: Zuweisung von DTV-Werten an die Straßen-Geometrien.

Schritt 3 erweist sich als der aufwändigste, denn eine Internet-Recherche ergibt[321]:

- DTV-Werte liegen im Internet generell nicht als GIS-Daten vor
- Nur **Thüringen** publiziert die DTV-Werte im Internet als Karten (TLSB, 2005a-c), wodurch sie sich leicht auf die Straßen in HEplus-STR übertragen lassen:
    - o DTV-Werte liegen für Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen vor
    - o Alle relevanten *Landes*straßen besitzen so niedrige DTV-Werte und/oder liegen in einer so großen Entfernung zu ReG, dass sie die dortigen Pegel nicht beeinflussen können
    - ⇨ Keine Zuweisung realer DTV-Werte für *Landes*straßen (s.a. Tab. 33)
- Für die restlichen 5 Bundesländer werden die im Internet vorhandenen **Tabellen der BASt** (2007a-d) verwendet, die sowohl nach Bundesland als auch nach Straßenbezeichnung (z.B. B27) sortiert sind:
    - o DTV-Werte liegen für Autobahnen und Bundesstraßen vor
    - o Keine Karten mit DTV-Werten verfügbar, was die Zuweisungen erschwert
    - o In den Tabellen wird jeder Straßenabschnitt, für den ein DTV-Wert der SVZ 2005 vorliegt, nur verbal beschrieben. Ob eine Zuordnung leicht und eindeutig möglich ist, hängt von der Qualität der Beschreibung ab. Die variiert von Bundesland zu Bundesland stark und wird wohl von der BASt

[321] Eine direkte Kontaktaufnahme mit den 6 Bundesländern oder der BASt wird verworfen. Gründe: analog zu S. 144.

unverändert übernommen. Abschnittsangaben wie „Am Nassauer Hof" oder „Knoten 10" (BASt, 2007d, S. 101) lassen sich selbst mit Hilfe von Google & Co nur grob lokalisieren. In solchen Fällen wird die plausibelste Zuweisung getroffen. Aufgrund der schlechten Datenlage nehmen die Arbeiten fast 1 Woche in Anspruch

Daraus ergibt sich als **Empfehlung**:

- Die Daten[322] künftiger Straßenverkehrszählungen (SVZ 2010 ff.) sind im Internet einheitlich, eindeutig und georeferenziert bereitzustellen, am besten als frei verfügbare GIS-Daten zum Download, zumindest aber in Kartenform.

Die Bilanz der Zuweisungen geht aus Tab. 33 hervor.

Tab. 33: Straßen, die in HEplus zusätzlich mit DTV-Werten aus der SVZ 2005 versorgt werden.
Neue DTV-Werte erhalten nur Autobahnen und Bundesstraßen, nicht hingegen Landesstraßen (s. Text).
Legende: ReG = Rechengebiet = Hessen + Außenbereich bis zur nächsten Straße
MoG = Modellgebiet = ReG + 5 km, s. Kap. 3.4.1, S. 127. Es gilt: Nr. 5 = (Nr. 3)/(Nr. 4).

			Straßen mit realen DTV-Werten aus HLSV-05 und SVZ 2005				
Nr.	Widmung	Abk.	HE, Bestand in ReG und MoG	HEplus, Zuwachs in ReG		HEplus, Zuwachs in MoG	
			Länge	Länge	Prozent	Länge	Prozent
1	Autobahnen	A	950,0 km	+81,4 km	+8,6 %	+207,6 km	+21,9 %
2	Bundesstraßen	B	2.867,0 km	+352,0 km	+12,3 %	+681,2 km	+23,8 %
3	Summe	A + B	3.817,0 km	+433,4 km	+11,4 %	+898,8 km	**+23,6 %**
	Gebiet	**-**	**HE, ReG**	**HEplus, ReG**		**HEplus, MoG**	
4	Gebietsfläche	-	21.116 km²	+2.299 km²	+10,9 %	+7.476 km²	+35,4 %
5	Straßendichte	-	0,18 km/km²	0,18 km/km²	±0,0 %	0,16 km/km²	-11,1 %

Es gilt:

- Zusätzliche reale DTV-Werte erhalten nur Autobahnen und Bundesstraßen
- Die Gesamtlänge der (A + B)-Straßen mit realen DTV-Werten steigt dadurch
  - **um 899 km von 3.817 km auf 4.716 km (+23,6 %)**[323]

Während die MoG-Fläche von HEplus gegenüber HE um 35,4 % ansteigt, erhöht sich die Straßenlänge mit realen DTV-Werten nur um 23,6 %. Dieser unterproportionale Anstieg kommt zustande, weil das Straßennetz außerhalb Hessens weniger dicht (Tab. 33, Nr. 5) und weniger gut mit DTV-Werten aus SVZ 2005 versorgt ist als in Hessen (Tab. 34).[324]

Eine Neuberechnung von Q90 aufgrund der zusätzlichen 899 km mit realen DTV-Werten wird aus 3 Gründen verworfen:

1. Ohne Neuberechnung bleibt HEplus kompatibel zu HE

---

[322] Neben DTV-Werten auch alle anderen Daten, z.B. Schwerverkehr-Anteil etc.

[323] Die 3.817 km beziehen sich auf HE und gelten sowohl für das HE-Rechengebiet als auch das HE-Modellgebiet, weil in HE alle Straßen außerhalb Hessens ausschließlich Pauschalwerte besitzen.

[324] Das ergibt sich aus Tab. 34 mit Hilfe folgender Größen:

- Bundesfernstraßen = Autobahnen und Bundesstraßen
- G_MoG = Gesamtlänge der Bundesfernstraßen in MoG = 1.701,1 km + 4.400,5 km = 6.101,6 km
- G_ReG = Gesamtlänge der Bundesfernstraßen in ReG = 1.369,5 km + 3.357,7 km = 4.727,2 km
- DTV_MoG = Gesamtlänge der Bundesfernstr. mit realen DTV-Werten in MoG = 1.157,6 km + 3.558,2 km = 4.715,8 km
- DTV_ReG = Gesamtlänge der Bundesfernstr. mit realen DTV-Werten in ReG = 956,2 km + 2.885,4 km = 3.841,6 km

Daraus lassen sich folgende Versorgungsgrade (= Anteile mit realen DTV-Werten) berechnen:

- in MoG: DTV_MoG/G_MoG = 4.715,8 km/6.101,6 km = 77,29 %
- in ReG: DTV_ReG/G_ReG = 3.841,6 km/4.727,2 km = 81,27 %

⇨ Der Versorgungsgrad in ReG ist um fast 4 Prozentpunkte höher als in MoG, d.h. im Gesamtgebiet

2. Die unveränderten Q90-Pauschalwerte sind repräsentativer für Hessen, da sie aus rein „hessischen“ DTV-Werten abgeleitet wurden
3. Eine Neuberechnung wirkt sich akustisch nicht relevant aus, da Q90(alt) ~ Q90(neu) zu erwarten ist[325]

Die jetzt noch vorhandenen Straßen ohne reale DTV-Werte erhalten schließlich wieder die Pauschalwerte der Tab. 24 (S. 143).

Die Schlussbilanz zeigt Tab. 34.

Tab. 34: Straßenmodell HEplus-STR: Gesamtlänge ⇔ Länge mit realen DTV-Werten.
Für die in HEplus definierten Modell- und Rechengebiete sind pro Widmung angegeben:
1) Länge_alle = Gesamtlänge aller Straßen
2) Länge_SVZ = Länge der Straßen mit realen DTV-Werten aus SVZ 2005
3) Anteil = Länge_SVZ/Länge_alle = Straßenlänge mit realen DTV-Werten i. Vgl. zur Gesamtlänge
Zum Vergleich mit a) HE: s. Tab. 31, S. 164 und b) D: s. Tab. 79, S. 328.

		MoG = Modellgebiet			ReG = Hessen + nächstgel. Straße		
Widmung	Abk.	insg.	mit realen DTV		insg.	mit realen DTV	
		Länge_alle	Länge_SVZ	Anteil	Länge_alle	Länge_SVZ	Anteil
Autobahnen	A	1.701,1 km	1.157,6 km	68,1 %	1.474,6 km	1.031,4 km	69,9 %
Bundesstraßen	B	4.400,5 km	3.558,2 km	80,9 %	3.744,0 km	3.219,2 km	86,0 %
Landesstraßen	L	9.419,0 km	6.511,7 km	69,1 %	7.999,8 km	6.511,7 km	81,4 %
Kreisstraßen	K	6.982,6 km	1.391,2 km	19,9 %	5.677,8 km	1.391,2 km	24,5 %
Gemeindestraßen	G	35.393,4 km	8,2 km	0,02 %	28.550,1 km	8,2 km	0,03 %
Summe	-	57.896,6 km	12.626,9 km	**21,8 %**	47.446,3 km	12.161,7 km	**25,6 %**

		Hessen		
Widmung	Abk.	insg.	mit realen DTV	
		Länge_alle	Länge_SVZ	Anteil
Autobahnen	A	1.369,5 km	956,2 km	69,8 %
Bundesstraßen	B	3.357,7 km	2.885,4 km	85,9 %
Landesstraßen	L	7.240,9 km	6.511,7 km	89,9 %
Kreisstraßen	K	5.072,3 km	1.391,2 km	27,4 %
Gemeindestraßen	G	26.788,6 km	8,2 km	0,03 %
Summe	-	43.829,0 km	11.752,6 km	**26,8 %**

Die wesentlichen Ergebnisse für HEplus-STR lauten:

- Die Versorgung mit realen DTV-Werten (Anteile) lässt sich wie folgt bewerten:
  - bei Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen: gut **68-81 %**
  - bei Kreis- und Gemeindestraßen: schlecht **0-20 %**
- Die nicht-gezählten Straßen sind überwiegend Gemeindestraßen[326]: **78,1 %**

Da sich die Versorgung mit realen DTV-Werten in HEplus-STR nicht grundlegend von der in HE-STR unterscheidet, lässt sich hier die **Empfehlungen** aus HE wiederholen:

- Für **Kreis- und Gemeindestraßen** sind mehr reale DTV-Werte zu erheben

Gebäude
Keine Änderungen gegenüber HE.

[325] Im akustisch besonders relevanten ReG beträgt der Anteil der zusätzlichen Straßen (A + B) nur 11,4 % des Bestandes (A + B + L + K + G). Außerdem ändert sich der Emissionspegel nur um 3 dB, wenn sich Q90 verdoppelt oder halbiert.
[326] Vgl. mit WI (S. 158) u. HE-STR (S. 164), MoG: 84,3 u. 78,2 % sind Gemeindestraßen.

Lärmschutzwände
Keine Änderungen gegenüber HE.

Aufbau von HEplus-Basis
Zum DGM werden Gebäude und LSW importiert und beide auf das DGM gelegt.[327]

Aufbau des finalen Berechnungsmodells HEplus(STR)

- In die Datei mit HEplus-Basis wird HEplus-STR importiert
- Alle Straßen werden auf das DGM gelegt
- Alle Steigungen werden aus dem DGM berechnet
- Alle softwarespezifischen Einstellungen werden gesetzt[328]

4.5.5 Phase 4a: Hessen plus Außenbereich – Schienen

Das Modell HEplus-SCH beinhaltet nur Schienen als Lärmquellen.

Ausgangssituation – mögliche Datenlieferanten
Die Arbeiten an HEplus-SCH begannen im September 2008 zu einem Zeitpunkt, als das Eisenbahnbundesamt (EBA) seine END-Kartierung der Haupteisenbahnstrecken noch nicht abgeschlossen hatte. Auf GIS-Daten des EBA konnte daher weder zurückgegriffen noch gewartet werden.[329] Sie hätten mit **25 %** auch nur einen relativ kleinen Teil des hessischen Schienennetzes abgedeckt, weil die Mindestanforderungen der END vorsehen, dass in der 1. Stufe nur Eisenbahnstrecken zu kartieren sind, auf denen mehr als 60.000 Züge pro Jahr verkehren – und sich das **EBA** daran gehalten hat (**1:1-Umsetzung**).[330]
Als zweiter Datenlieferant kam die Deutsche Bahn AG (DB) in Frage. Die unterbreitete ein attraktives Angebot für die nicht kommerzielle Nutzung von Daten, welches die *Zugzahlen* des Personen- und Güterverkehrs für den 16h-Tag und die 8h-Nacht für *alle* DB-Strecken in Hessen und im Außenbereich umfasste. Aufgrund der verfügbaren finanziellen Mittel konnte die Offerte dennoch nicht angenommen werden.
Beide Möglichkeiten hätten den Vorteil gehabt, GIS-Daten zu bekommen.[331] Analog zu den DTV-Werten hätten diese dann zwar erneut mittels „Spatial Join" auf die Schienengeometrien des BKG übertragen werden müssen, was aber viel einfacher möglich gewesen wäre.[332]
Ohne die EBA- und DB-Daten sind alternative Datenquellen zu suchen. Dabei ist zu beachten, dass beim Aufbau eines Akustik-Modells für den Schienenverkehr folgende Fragen zu klären sind:

1. Welche Streckenabschnitte (Geometrien) sollen berechnet werden?
2. Wie viele Züge (Zugzahlen) welcher Art (Zuggattungen)[333] verkehren dort?

---

[327] Siehe Fußnote 299, S. 160.
[328] Die Berechnung kann jetzt gestartet werden.
[329] Das Bundesland Hessen hat die Daten erst im März 2010 erhalten.
[330] Siehe S. 67: Tab. 4, Nr. 9. Dabei ist das EBA anfangs von dem deutschen Begriff der Strecke ausgegangen, was dazu führte, dass z.B. 2 parallel verlaufende Strecken mit je 50.000 Zügen/a getrennt betrachtet wurden und in diesem Fall – weil jeweils kleiner als der END-Schwellenwert der 1. Stufe von 60.000 Zügen/a – keine Kartierung erfolgte. Eine Nachkartierung hat diesen Mangel inzwischen beseitigt (EBA, 2011).
[331] Die DB hätte Zugzahlen abgegeben, das EBA stattdessen nur Emissionspegel. Letztere erschweren zwar eine wirkungsvolle Lärmaktionsplanung, wären aber für die hier beabsichtigte Kartierung ausreichend gewesen – hätten jedoch, wie bereits erwähnt, nur 25 % des hessischen Schienennetzes abgedeckt.
[332] „Einfacher", weil das Schienennetz i. Vgl. zum klassifizierten Straßennetz (S. 163) viel weitmaschiger ist, so dass mit einer ähnlich hohen Erfolgsquote (96 %) zu rechnen ist wie beim Straßennetz.
[333] Die Deutsche Bahn (2008a) spricht von **Zuggattungen** (ICE, IC, EC, D, RE, RB usw.). Die VBUSch listet in Tab. 2 verschiedene **Fahrzeugarten** auf und weist ihnen unterschiedliche Pegelzuschläge zu, die in die Berechnung des Emissionspegels einfließen. Wenn auf einer Schienenstrecke Züge verkehren, die in Fahrzeugart, Scheibenbremsenanteil und Ge-

3. Wie verteilen sich die Züge auf die 3 Zeitbereiche D, E und N?[334]
4. Welche akustischen Eigenschaften besitzen die Züge und Streckenabschnitte?

Die Punkte werden in den folgenden Abschnitten – Nr. 1) bis 4c) – erörtert (s.a. Abb. 23).

1) Welche Streckenabschnitte (Geometrien) sollen berechnet werden?

Für die Schienen**geometrien** wird, anders als bei den Straßen, ausschließlich der ATKIS-Datensatz des BKG verwendet (Abb. 23, s.a. Tab. 24, S. 143). Daraus werden zuerst alle Schienenstrecken entfernt, die keine Schallquellen i.S. der VBUSch sind: Standseil- und Museumsbahnen, Skilifte usw. Auch alle Strecken, die in ATKIS als „außer Betrieb, stillgelegt" (ATKIS, 2004, S. 32.01, Blatt 2 (2)) gekennzeichnet sind, werden gelöscht.

Es verbleiben die in Betrieb befindlichen Eisen-, Stadt-, Straßen- und U-Bahnen.[335]

Wie bei den Straßen besteht auch bei den Schienen das **Ziel** darin,

- das ***gesamte* Schienennetz zu kartieren**, d.h. *alle* Schallquellen zu berechnen

2) Wie viele Züge welcher Art verkehren auf jedem Streckenabschnitt?

Nachdem die Strecken feststehen, geht es nun um die akustischen Eigenschaften (Emissionsdaten) der darauf verkehrenden Züge. Die hängen im Wesentlichen von 2 Parametern ab: **Zuggattung** (ICE, IC, RE, Stadtbahn usw.) und **Zugzahl** der jeweiligen Gattung. Beide sind für jeden Streckenabschnitt separat zu ermitteln.[336]

Dafür existieren zum Zeitpunkt der Modellerstellung 2008 zwei **frei verfügbare** Quellen:

2a) die Betriebsdaten des Schienenverkehrs (DESTATIS, 2007) – Stand 2005
2b) die aktuellen Fahrpläne der DB und der Verkehrsverbünde[337] – Stand 2008

Wie beide Quellen für HEplus-SCH genutzt und weiterverarbeitet werden, zeigt Abb. 23. Sie wird anschließend erläutert.

---

schwindigkeit identisch sind, dann werden diese derselben **(Zug)Klasse** der VBUSch zugeordnet. Die vorliegende Arbeit verwendet folgende Begriffe: a) Zuggattung: wie oben. b) Zugart = mehrere verschiedene Zuggattungen mit *ähnlichen* (akustischen) Eigenschaften, s. Tab. 35 bis Tab. 38, insb. Tab. 38, S. 179.

[334] Im Gegensatz zur VBUS enthält die VBUSch hierzu keine Pauschalwerte.

[335] Die Namen entsprechen denen des ATKIS-Objektartenkataloges (ATKIS, 2003, 2008) und den ATKIS-Bahnkategorien mit Attribut BKT = 1000, 1200, 1201 und 1204. Die BKG-Daten enthalten nur wenige Güter(zug)- und S-Bahnen (BKT = 1102 und 1104), welche alle in Mannheim und dort in einer so großen Entfernung von ReG liegen, dass sie nicht relevant sind.

[336] Das Vorgehen bei Straßen und Schienen ähnelt sich, weil die beiden Berechnungsvorschriften VBUS und VBUSch gleich aufgebaut sind. Die Rolle der DTV-Werte übernehmen hier die Zugzahlen.

[337] Beispielsweise für die Bahn im Internet unter www.bahn.de.

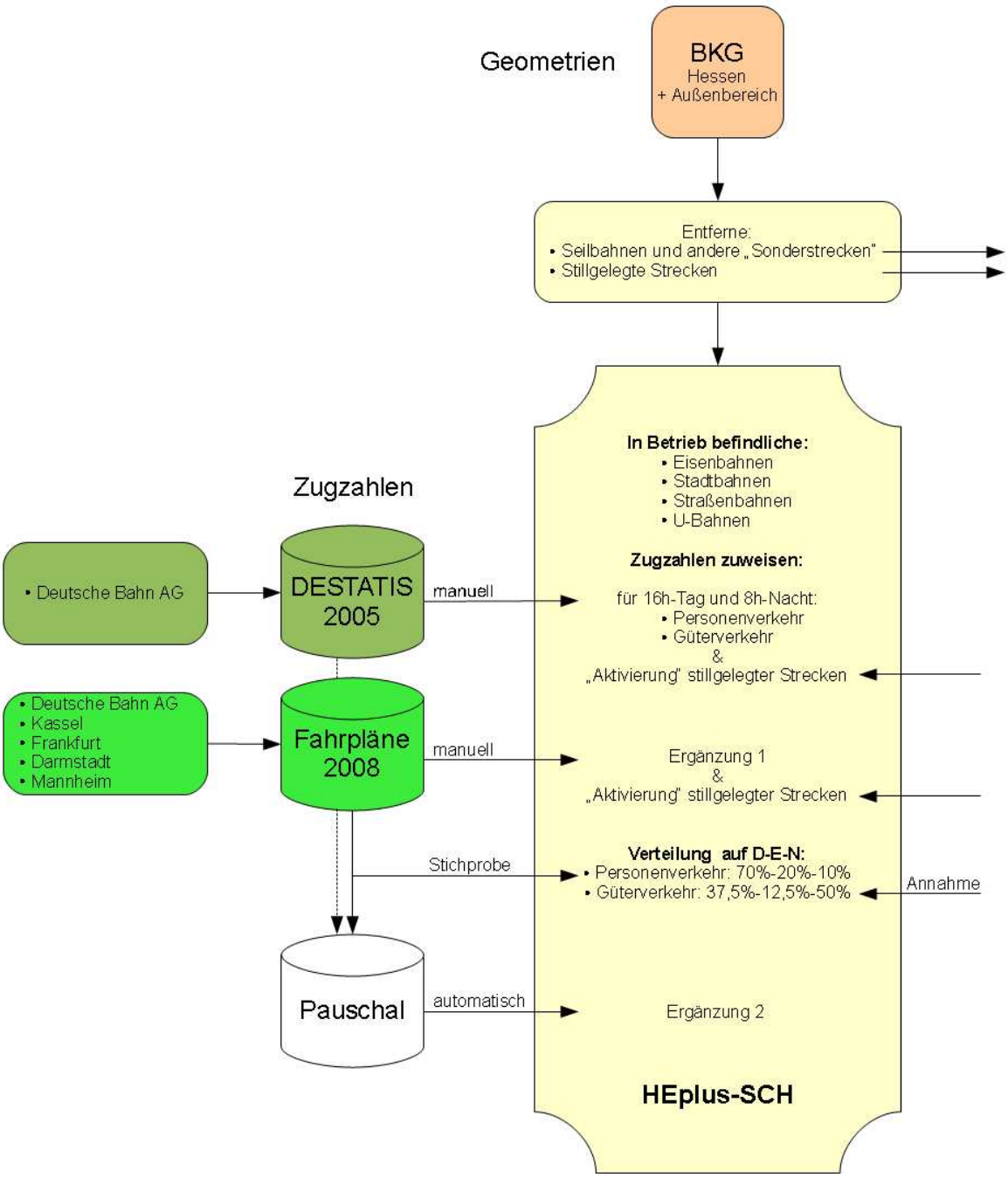


Abb. 23: Erstellung des zu HEplus gehörenden Schienenmodells HEplus-SCH.

2a) „Betriebsdaten des Schienenverkehrs" – Stand: 2005

Die Betriebsdaten werden auf Grundlage des Verkehrsstatistikgesetzes im 5-Jahres-Rhythmus und erstmalig für 2005 erhoben (DESTATIS, 2007). Sie geben Auskunft über die Anzahl der Personen- und Güterzüge (2 Zugarten) auf definierten Netzabschnitten.[338]

[338] Die Statistiken verwenden folgende Begriffe (DESTATIS, 2007, S. 16, Hervorhebungen durch den Autor):

- „**Netzabschnitte**: Die Erhebung erfolgte auf Basis sog. Netzabschnitte. Ein Netzabschnitt stellt die Verbindung zwischen zwei Netzknoten dar. Als **Netzknoten** können theoretisch alle technischen Einrichtungen definiert werden. Für Deutschland wären maximal 30.000 Netzabschnitte denkbar. Um die Erhebung in einem sinnvollen Umfang gestalten zu können, wurden sog. Betriebsstellen als Netzknoten definiert."
- „**Betriebsstelle**: Zu Betriebsstellen gehören alle Stellen in den Bahnhöfen und an der freien Strecke, die den Bahnbetrieb regeln. Das können Bahnhöfe, Blockstellen, Abzweigstellen, Anschlussstellen, Haltepunkte, Haltestellen oder Deckungsstellen sein. Das insgesamt 38.200 Kilometer umfassende Schienennetz wurde in **2.876 Netzabschnitte** unterteilt, deren Länge (Luftlinie) zwischen 20 Metern (um große Knotenpunkte) und 68 Kilometern (zwischen Fulda und Kassel-Wilhelmshöhe) variiert, und die mehrere parallele Gleise umfassen können."

Die Zahlen sind Jahressummen, gelten für 2005 und werden kartografisch wie folgt dargestellt: Das gesamtdeutsche Schienennetz ist in 7 Ländergruppen aufgeteilt, die jeweils 1 bis 4 Bundesländer umfassen. Zu jeder Ländergruppe existiert eine separate Karte. Jede Karte zeigt ein idealisiertes Liniennetz, das aus einzelnen Netzabschnitten besteht, neben denen die zugehörigen Zugzahlen gedruckt sind. Von den 7 Karten existieren 3 Sätze, jeweils einer mit den Zugzahlen für Personenzüge, Güterzüge und Züge insgesamt (Summe).
Die Betriebsdaten enthalten allerdings *keine* Aussagen, wie sich die Zugzahlen der Personen- und Güterzüge

- auf die einzelnen Fahrzeugarten der VBUSch (dortige Tab. 2) und
- auf die Zeitbereiche D, E und N

verteilen.
Den praktischen Nutzen der Karten erschweren mehrere **nachteilige Faktoren**:

- Die Karten sind trotz der Aufteilung in die 7 Ländergruppen sehr kleinmaßstäbig
- Es lässt sich nicht hineinzoomen
- Die Linienbreite der Netzabschnitte wächst mit zunehmender Zugzahl
- Das Schienennetz ist stark idealisiert

Dadurch sind die Zugzahlen gerade dort, wo sich das Netz verdichtet und wo besonders hohe Zugzahlen vorliegen (z.B. im Rhein-Main-Gebiet) nur schwer oder gar nicht mehr abzulesen. Teilweise sind dort auch nicht mehr alle Zugzahlen abgedruckt oder mehrere Linien und Zugzahlen liegen so dicht nebeneinander, dass unklar ist, für welchen Netzabschnitt eine bestimmte Zahl gilt. Aufgrund des idealisierten Netzes lässt sich zudem der korrespondierende Abschnitt im BKG-Netz (die Geometrie) manchmal nur mit großem Aufwand (Google & Co) finden.
Diesen Nachteilen und den damit einhergehenden Fehlermöglichkeiten steht der **Vorteil** gegenüber, dass es sich bei den Karten um die einzige bekannte, öffentlich und kostenfrei zugängliche Quelle mit Zugzahlen zum **Güterverkehr** handelt, die das gesamte Streckennetz abdeckt. Beim Güterverkehr entschärft sich eines der Zuordnungsprobleme: Da die Linienbreiten für den Personen- und Güterverkehr einheitlich mit der Zugzahl anwachsen (gleiche Klassenbreiten), die Zugzahlen des Güterverkehrs aber deutlich unter denen des Personenverkehrs liegen, ergeben sich dünnere, besser ablesbare und damit leichter unterscheidbare Linien. Dennoch verbleiben gerade im Rhein-Main-Gebiet einige (wenige) Strecken, die im Akustik-Modell keine realen Zugzahlen (Güterverkehr) aufweisen, weil jede Zuordnung willkürlich gewesen wäre und deshalb ganz auf eine solche verzichtet wurde.
Für HEplus-SCH ist hinsichtlich der DESTATIS-Daten festzuhalten:

- **Güterverkehr:**
    - Alle realen Zugzahlen kommen ausschließlich aus dieser Quelle
    - Ihre Zuordnung zu den BKG-Abschnitten ist meistens eindeutig möglich
    - Alle relevanten Netzabschnitte werden **fast vollständig** versorgt
- **Personenverkehr:**
    - Die DESTATIS-Karten versorgen nicht alle Netzabschnitte mit Zugzahlen
    - Ihre Zuordnung zu den BKG-Abschnitten ist nur teilweise möglich
    - Die Stadtbahnen in Kassel, Frankfurt, Darmstadt und Mannheim[339] sind in den DESTATIS-Karten nicht enthalten

[339] Nur die Linie 5 (Mannheim – Weinheim – Heidelberg) ist relevant und wird einbezogen, weil sie durch MoG verläuft.

⇨ Die verbleibenden **Datenlücken** im DB-Netz und bei den Stadtbahnen sind so groß, dass man sie durch andere Datenquellen schließen muss. Dazu werden anschließend erst die aktuellen Fahrpläne (2008) ausgewertet und die erhaltenen realen Zugzahlen zugewiesen. Alle Netzabschnitte, die danach noch ohne Realwerte verbleiben, erhalten pauschale Zugzahlen (s.u.).

Die Zugzahlen der DESTATIS-Karten lassen sich nur manuell auf die BKG-Geometrien übertragen. Dabei müssen einige der in BKG als „außer Betrieb, stillgelegt" gekennzeichneten und zuvor entfernten Strecken (S. 172 und Abb. 23) wieder aktiviert werden, weil für sie nicht nur DESTATIS Zugzahlen liefert, sondern auch der aktuelle Fahrplan 2008 Zugverbindungen enthält.

2b) Aktuelle Fahrpläne der Deutschen Bahn und der Verkehrsverbünde – Stand: 2008

Um die Datenlücken bei den Personenzügen zu schließen und möglichst viele Abschnitte mit realen Zugzahlen zu versorgen, werden folgende elektronische Fahrplanauskunftssysteme und Netzpläne ausgewertet:

- Deutsche Bahn (2008a bis 2008l):
  - für den *über*regionalen und regionalen Personenverkehr
- Verkehrsverbünde NVV, KVG, RMV, DADINA und VRN:[340]
  - für den regionalen Personenverkehr
  - für die Stadtbahnen in Kassel, Frankfurt, Darmstadt und Mannheim[341]

2b, i) Zug*gattungen* lt. Fahrplan und Zug*arten* in HEplus-SCH

Zur Vereinfachung werden die zahlreichen Zuggattungen des Personenverkehrs auf 3 Zugarten verteilt (Tab. 35, Nr. 1-3), die sich in ihren akustischen Eigenschaften deutlich unterscheiden (s. Tab. 38, S. 179). Hinzu kommen noch je 1 Zugart „Güterverkehr" und „Pauschalverkehr", so dass HEplus-SCH insgesamt 5 Zugarten kennt, davon 4 mit realen und 1 mit pauschalen Zugzahlen.

Tab. 35: HEplus-SCH: Zuordnung der Zuggattungen zu den 4 Zugarten mit realen Zugzahlen.

Nr.	Zug*art* in HEplus-SCH	Zug*gattungen* lt. Fahrplan der DB oder der Verkehrsverbünde
1	Fernverkehr	ICE, IC, EC, CNL, …
2	Nahverkehr	RE, RB, StadtExpress, S-Bahnen (S1, S2, …), cantus, …
3	Stadtbahnen	Straßen- und U-Bahnen
4	Güterverkehr	bereits durch DESTATIS (2a) erfasst ⇨ Fahrplan-Auswertungen nicht nötig

2b, ii) Beschaffung der Zugzahlen durch Auszählen von Fahrplantabellen

Für die Stadtbahnen und den Nahverkehr existieren zu jeder Linie **Fahrplantabellen**, die alle Haltestellen mit den zugehörigen Abfahrtszeiten für die 3 Zeiträume Mo-Fr, Sa und So auflisten. Sie werden ausgezählt und die für jede Linie erhaltene Wochensumme anschließend in eine Jahressumme hochgerechnet, um den gleichen Bezug wie in 2a) zu gewährleisten. Besonderheiten werden nach ihrer akustischen Bedeutung eingestuft und so entweder berücksichtigt oder vernachlässigt. Beispielsweise haben Betriebsbeschränkungen der Art „nicht am 24.12." i. Allg. keinen Einfluss auf die Jahressumme, weil gilt: Betriebsbeschränkung ~ 1 d ≪ 365 d = 1 Jahr. Sie werden daher ignoriert. Andererseits befahren einige Linien zu bestimmten Tageszeiten nur Teile einer Gesamtstrecke (Abb. 24a):

[340] NVV = Nordhessischer VerkehrsVerbund, KVG = Kasseler Verkehrs-Gesellschaft, RMV = Rhein-Main-Verkehrsverbund, DADINA = Darmstadt-Dieburger Nahverkehrsorganisation und VRN = Verkehrsverbund Rhein-Neckar.

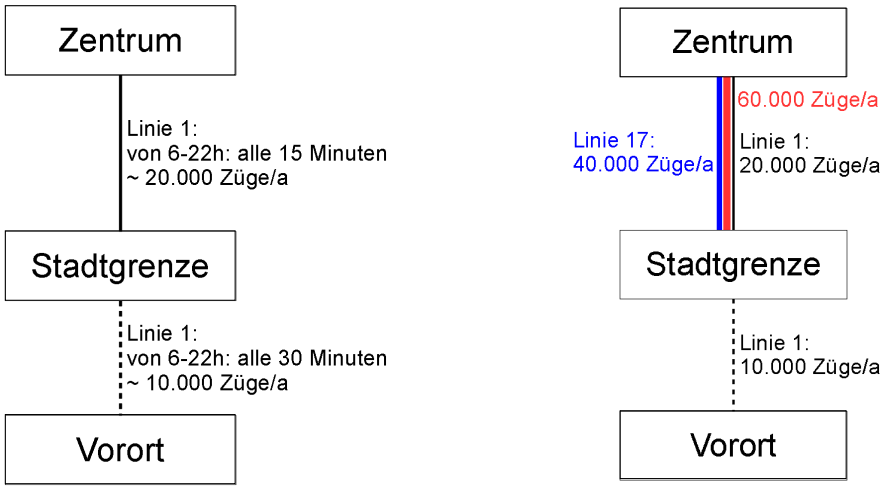
[341] Datengrundlage: a) Kassel: NVV(2008) und KVG (2008) b) Teile der Rhein-Main-Region und Frankfurt: RMV (2008) c) Darmstadt: DADINA (2008a, 2008b) d) Mannheim: VRN (2008)

z.B. vom Zentrum zur Stadtgrenze alle 15 Minuten, weiter in einen Vorort aber nur noch alle 30 Minuten, d.h. jeder zweite Zug endet an der Stadtgrenze. In solchen Fällen werden die Zugzahlen immer für jede Teilstrecke ermittelt, auch dann, wenn in den Vorort nur sehr wenige Züge fahren, da deren Vernachlässigung die gesamte Teilstrecke als Schallquelle „ausschalten“ würde.
Beim Fernverkehr ist mit dem elektronischen Auskunftssystem erst für jeden Abschnitt eine Fahrplantabelle zu generieren, ehe diese wie oben ausgewertet werden kann.

2b, iii) Zuweisung der Zugzahlen an die Streckenabschnitte (Geometrien)
Während die DESTATIS-Karten (2a) die Summe aller Züge darstellen, die jeden Netzabschnitt passieren, muss diese Summe hier erst noch aus den Fahrplandaten berechnet werden. Die Summenbildung ist immer dann erforderlich, wenn ab einem bestimmten Punkt (= Netzknoten, z.B. „Stadtgrenze“ in Abb. 24b)

- mehrere Linien auf demselben Gleis verkehren oder
- mehrere Gleise mit verschiedenen Linien parallel verlaufen

Die Zu- und Abflüsse der Züge sind in allen Netzknoten zu verrechnen, damit die richtigen abschnittsspezifischen Zugzahlen entstehen – für das Rhein-Main-Gebiet eine besondere Herausforderung, weil dort viele S-Bahnen zu verschiedenen Zeiten unterschiedliche Start- und Zielbahnhöfe anfahren.



a) Verschiedene Zugzahlen einer Linie *b) Zusammenfluss zweier Linien: Summenbildung*

Abb. 24: Bildung von Zugzahlen pro Streckenabschnitt (pro Geometrie).

Mit Hilfe der insgesamt **205 ausgewerteten Fahrplanabfragen** lässt sich aufgrund der Zu- und Abflüsse ein Vielfaches an Netzabschnitten mit realen Zugzahlen belegen.
Am Ende werden die abschnittsbezogenen Zugzahlen (Jahressummen) wieder manuell auf die BKG-Geometrien übertragen. Ändert sich die Zugzahl innerhalb eines BKG-Abschnitts, so wird dieser in 2 Abschnitte mit unterschiedlichen Zugzahlen geteilt.

3a) Personenzüge: Verteilung auf die Zeitbereiche D, E und N

Die Verteilung ergibt sich wie folgt (s.a. Tab. 36):

a) „Repräsentative" Verbindungen werden für jede der 3 Zugarten ausgewählt: für den Fernverkehr[342] und Nahverkehr[343] je 10, für die Stadtbahnen alle Linien in Kassel (14) und Darmstadt (9)
b) Für jede dieser 43 Verbindungen werden die **Zugzahlen und -*zeiten*** den Fahrplänen entnommen und den 3 Zeitbereichen D, E und N zugeordnet
c) Für jede der 43 Verbindungen wird ermittelt, wie sich die Zugzahlen anteilig auf D, E und N verteilen
d) Für jede der 3 Zugarten wird der arithmetische Mittelwert[344] und die Standardabweichung für jeden der 3 Zeitbereiche berechnet (Tab. 36)

Tab. 36: Personenzüge: Verteilung verschiedener Zugarten auf die Zeitbereiche D, E und N.
Datengrundlage: a) Fern- und Nahverkehr: je 10 repräsentative Verbindungen. b) Stadtbahnen: alle Linien in Kassel (14) und Darmstadt (9). Faustformel: Verteilung der Zugzahlen auf D:E:N wie 70:20:10 für alle 3 Personenzugarten, um das Vorgehen zu vereinfachen.

Nr.	Zugart		ausgewertete „repräsentative" Verbindungen	Prozent der Zugzahlen in den Zeitbereichen D, E und N Mittelwert ± Standardabweichung		
				D	E	N
1	Fernverkehr		10	70,1 % ± 6,2 %	20,7 % ± 2,2 %	9,3 % ± 11,0 %
2	Nahverkehr		10	70,5 % ± 6,4 %	16,2 % ± 4,0 %	11,7 % ± 3,8 %
3	Stadtbahnen	Kassel	14	77,8 % ± 11,8 %	14,7 % ± 8,1 %	7,5 % ± 5,9 %
		Darmstadt	9	78,1 % ± 13,4 %	11,8 % ± 8,7 %	10,2 % ± 5,8 %
1...3	Faustformel für alle Personenzüge		43	70 % ≙ 0,7	20 % ≙ 0,2	10 % ≙ 0,1

Die Prozentzahlen unterscheiden sich nicht allzu sehr. Aber nur markante Unterschiede würden sich merklich auf die Schallpegel auswirken:

- Faktor 2 im Prozentwert ≙ Faktor 2 in der Verkehrsmenge (des Zeitbereichs)
  ≙ Änderung des Emissionspegels um nur ±3 dB

Deshalb wird der Einfachheit halber folgende **Faustformel** für die Verteilung der Zugzahlen des **Personenverkehrs** auf die Zeitbereiche herangezogen:

- **D : E : N = 70 % : 20 % : 10 % = 0,7 : 0,2 : 0,1**

Indem *alle* Personenzüge *dieselben* **Verteilungskoeffizienten** (= Prozentzahlen/100 %) zugewiesen bekommen, werden folgende Effekte vernachlässigt:

- die Variationen *innerhalb einer* Zugart (s. Standardabweichungen in Tab. 36)
- die Unterschiede *zwischen den 3* Zugarten (siehe die Spalten D, E und N)

3b) Güterzüge: Verteilung auf die Zeitbereiche D, E und N

Für Güterzüge existieren zwar auch Fahrplanauskunftssysteme, aber die liefern nur die regelmäßig verkehrenden Güterzüge und helfen kaum weiter, weil Güterzüge oft nach Bedarf zusammengestellt werden. Gespräche mit der Deutschen Bahn (2008m) ergeben, dass die Verteilung der Güterzüge auf die 3 Zeitbereiche streckenspezifisch stark variieren kann und eine „allgemeine Faustformel" *nicht* existiert. Verlässliche Zahlen für den Nachtanteil hätten die angebotenen Zugzahlen der DB geliefert, die aber aus finanziellen Gründen nicht eingekauft werden konnten (S. 171). Um als Alternative wenigstens plau-

[342] Fernverkehr = ICE, IC, EC, CNL und ggf. weitere „Sonderzüge" mit (unterstelltem) Fernzugcharakter.
[343] Nahverkehr = RE, RB der DB, die R- und S-Bahnen des Rhein-Main-Verkehrsverbundes (RMV) sowie Privatbahnen.
[344] Eine Gewichtung mit der Streckenlänge jeder Verbindung erfolgt der Einfachheit halber nicht.

sible Schätzwerte zu erhalten – nach VBUSch muss angegeben werden, wie sich die Güterzüge auf D, E und N verteilen, ansonsten ist keine Berechnung möglich –, erfolgt eine Auswertung von Gutachten zu Neubaustrecken. Im Ergebnis wird **postuliert**:

- Der Güterverkehr verteilt sich gleichmäßig
  - (i) auf den 16h-Tag und auf die 8h-Nacht (= 8 h N) – (D + E):N $\stackrel{\text{def}}{=}$ 50 %:50 %
  - (ii) über den 16h-Tag (= 12 h D + 4 h E) – D:E $\stackrel{\text{def}}{=}$ 75 %:25 %

Aus (i) folgt unmittelbar ein Nachtanteil von 50 %, während die restlichen 50 % für den 16h-Tag (= 12 h D + 4 h E) verbleiben. Da sich diese 50 % nach (ii) gleichmäßig auf die 16 h verteilen, ergibt sich pro 1 h ein Anteil von 50 %/16 h und damit für die 12 h D und 4 h E Anteile von (50 %/16 h) × 12 h = 37,5 % bzw. (50 %/16 h) × 4 h = 12,5 %.
Damit folgt für den **Güterverkehr** als **Faustformel** für die Verteilung der Zugzahlen auf die Zeitbereiche:

- **D : E : N = 37,5 % : 12,5 % : 50 % = 0,375 : 0,125 : 0,5**

Die Ergebnisse für Personen- und Güterzüge fasst Tab. 37 zusammen.

Tab. 37: Güter- und Personenzüge: Verteilung der Zugzahlen auf die Zeitbereiche D, E und N.

Nr.	Zugart	Anteil in Prozent			Verteilungskoeffizient = Anteil/100 %		
		D	E	N	D	E	N
1	Personenzüge	70 %	20 %	10 %	0,7	0,2	0,1
2	Güterzüge	37,5 %	12,5 %	50 %	0,375	0,125	0,5

3c) Umrechnung der Jahressummen in Tageswerte zum Import nach CadnaA
Die Akustik-Software CadnaA verlangt beim Import in der Eingabemaske die Zugzahlen als Tageswerte (= Anzahl der Züge pro Tag) und nicht als Jahressummen. Die bisher verwendeten Jahressummen werden daher für jeden der 3 Zeitbereiche t = D, E, N in Tageswerte umgerechnet:

$$\text{Tageswert}(t) = \text{Anzahl der Züge pro Tag im Zeitbereich } t$$

$$= \frac{\text{Jahressumme} \times \text{Verteilungskoeffizient}(t)}{360}$$

3d) Zuweisen von pauschalen Zugzahlen
Die restlichen 861,1 km (21,7 %) ohne reale Zugzahlen verteilen sich auf 2 Gruppen:

1. Netzabschnitte, bei denen nach allen vorhandenen Informationen davon auszugehen ist, dass sie zwar nicht stillgelegt, aber doch von stark untergeordneter Bedeutung sind. Angesichts der vollständig ausgewerteten DESTATIS-Daten und Fahrpläne darf ferner angenommen werden, dass hier zumindest keine Personenzüge verkehren, weil sie mit hoher Wahrscheinlichkeit entdeckt worden wären. Um die Abschnitte als Schallquellen nicht völlig zu ignorieren, aber auch nicht pegelbestimmend zu machen, erhalten sie **pauschal 10 Güterzüge pro Jahr zugewiesen**. Mit den Pauschalwerten der Tab. 38 folgt, dass damit zu beiden Seiten dieser Abschnitte bis in ca. 20 m Entfernung L_{DEN} > 45 dB(A) gilt. Führen die Abschnitte z.B. durch ein pRG35(STR), dann zerlegen sie es in 2 Teile[345]

[345] Die Bedeutung der Abschnitte mit pauschalen Zugzahlen ist wie folgt einzustufen:
a) In Kap. 5 und 6: keine Bedeutung, da die pRG35 nur hinsichtlich STR analysiert werden
b) In Kap. 7 und 8: geringe Bedeutung, weil gilt:
b1) Länge(SCH mit pauschalen Zugzahlen) = 861 km < 3.112 km = Länge(SCH mit *realen* Zugzahlen), s. Tab. 39, S. 180

2. Strecken ohne Verbindung zum Gesamtnetz. Sie werden wie die **Bruchstücke** des Straßennetzes behandelt und als Quellen **entfernt** (vgl. S. 162)

4a) Weitere akustisch relevante Eigenschaften der Züge und Strecken

Mangels realer Daten erhalten alle sonstigen VBUSch-Parameter Pauschalwerte.
Dabei werden die ungleichen akustischen Eigenschaften der 5 schon beschriebenen Zugarten durch **zugartenspezifische** Pauschalwerte berücksichtigt (Tab. 38).

Tab. 38: Pauschalwerte der VBUSch-Parameter für die 5 Zugarten in HEplus-SCH.
Werte und Bezeichnungen stimmen weitgehend mit Tab. 1 der VBUSch überein.
Legende: p = Längenanteil scheibengebremster Fahrzeuge am Zug einschließlich Lok, v = Fahrgeschwindigkeit, l_Zug = Zuglänge, D_{Fz} = Korrektur (Bonus bzw. Malus) für besonders „leise" oder „laute" Zugarten.

Nr.	Zugart	p	v	l_Zug	D_{Fz}	Verteilungskoeff.			Zugzahlen
						D	E	N	
1	Güterverkehr	0 %	100 km/h	500 m	0 dB	0,375	0,125	0,5	streckenspezifisch
2	Fernverkehr	100 %	200 km/h	340 m	-3 dB	0,7	0,2	0,1	
3	Nahverkehr	50 %	140 km/h	150 m	0 dB	0,7	0,2	0,1	
4	Stadtbahnen	100 %	60 km/h	50 m	+3 dB	0,7	0,2	0,1	
5	„Pauschalverkehr"	0 %	100 km/h	500 m	0 dB	0,375	0,125	0,5	10 Züge/a
6	Bruchstücke	*un*berücksichtigt = *keine* Emissionsdaten zugewiesen							0 Züge/a

Die streckenspezifischen Pauschalwerte sind überall identisch und lauten[346]:

- $D_{Br} = D_{Bü} = D_{Ra} = 0$ dB
- $D_{Fb} = 2$ dB

4b) Sonderfall: Stadtbahnen in Frankfurt am Main

Einen Sonderfall bilden die Stadtbahnen in Frankfurt am Main. Hier werden die Originaldaten der Lärmkartierung Hessen 2007 komplett mit den Original-Emissionsdaten (Zugzahlen und alle Zuschläge) verwendet. Wie eine Eingangskontrolle der Originaldaten zeigt, decken sie das Netz jedoch nicht ganz vollständig ab. 12 km sind mit Zugzahlen aus dem Fahrplan und mit Pauschalwerten aus Tab. 38 zu ergänzen.[347] Die Ergänzung beschränkt sich auf die akustisch relevanten oberirdischen Abschnitte, um konsistent mit den Originaldaten zu bleiben – der einzige Fall, bei dem in dieser Arbeit „Tunnel" (ca. 42 km) berücksichtigt werden.[348]

4c) Problem: ODBC-Schnittstelle

Ein Problem tritt beim Übertragen der Daten von ArcGIS nach CadnaA via **ODBC-Schnittstelle** auf. Es ist auf die zuvor durchgeführte Umrechnung der Zugzahlen von Jahressummen in Tageswerte – die CadnaA in der Eingabemaske verlangt – zurückzuführen (s.o.) und hängt damit zusammen, dass die Eingabemaske nur ganze Zahlen akzeptiert und Nachkommastellen abschneidet.[349] Dadurch werden alle Jahressummen „< 360 Züge/a" erst zu Tageswerten „< 1 Züge/d" und dann zu „0 Züge/d" gesetzt, so dass diese

b2) Länge(SCH mit pauschalen Zugzahlen) = 861 km ≪ 58.000 km = Länge(STR), s. Tab. 34, S. 170

[346] Abkürzungen laut VBUSch: D_{Br}, $D_{Bü}$, D_{Ra} und D_{Fb} = Zuschlag durch Brücken, Bahnübergänge, Gleisbögen mit engen Radien und unterschiedliche Fahrbahnen.

[347] Spezifische Pauschalwerte aus den Daten der Lärmkartierung Hessen 2007 werden nicht berechnet, weil das für die 12 km zu aufwändig ist.

[348] In HEplus-SCH sind sogar alle *Stadt*bahnen „tunnelgenau" modelliert: In Frankfurt werden alle Tunnelstrecken als Schallquellen deaktiviert, in Kassel, Darmstadt und Mannheim hingegen verlaufen alle Stadtbahnen oberirdisch.

[349] Beispiel: Jahressumme = 300 Züge/a ergibt: Tageswert = 300/360 Züge/d = 0,8333 Züge/d. Beim Import nach CadnaA wird alles hinter dem Komma abgeschnitten: CadnaA-Tageswert = 0,8333 Züge/d ➡ 0 Züge/d und damit L_{mE} = -88 dB(A), d.h. die Quelle wird ausgeschaltet. Beachte: In CadnaA repräsentiert „-88 dB(A)" den Pegelwert „-∞ dB(A)", s. Kap. 6.1.2, S. 212.

Strecken als Schallquellen wegfallen. Das Nullsetzen betrifft noch Emissionspegel von bis zu L_{mE} = 55 dB(A) und ist für die Kartierung Ruhiger Gebiete nicht tolerierbar. Das Problem wird folgendermaßen gelöst:

1. Berechnung *sämtlicher* Emissionspegel L_{mE} in ArcGIS gemäß VBUSch
2. Import der L_{mE}-Werte – und nicht der Zugzahlen – nach CadnaA

Danach Qualitätskontrolle:

3. Import der Zugzahlen nach CadnaA
4. Berechnung der L_{mE}-Pegel in CadnaA
5. Vergleich der korrespondierenden L_{mE}-Pegel aus ArcGIS und CadnaA, die für „≥ 360 Züge/a“ nur geringfügig voneinander abweichen dürfen[350]

Fertigstellung von HEplus-SCH

Im Anschluss an den eben beschriebenen Import aller SCH mit L_{mE}-Werten nach CadnaA erfolgt der Aufbau des akustischen Berechnungsmodells analog zu STR (vgl. Abb. 17, S. 142). Im Gegensatz zu WI und HEplus(STR) wird auf Parameterstudien verzichtet.
Die Parameter werden so gewählt, dass STR und SCH die gleiche Qualität aufweisen, d.h. 1 Reflexion, Rasterweite = 10 m, Suchradius = 4.000 m usw.[351]

Bilanz

Die Bilanz der Arbeiten zeigt Tab. 39.

Tab. 39: HEplus-SCH: Länge des von einer Zugart befahrenen Teilnetzes u. Anteil am Gesamtnetz.

Nr.	Zugart	MoG = Modellgebiet		ReG = Rechengebiet		Hessen	
		Länge	Anteil	Länge	Anteil	Länge	Anteil
1	Güterverkehr	2.525,3 km	63,6 %	2.120,0 km	65,2 %	1.901,0 km	64,5 %
2	Fernverkehr	1.138,2 km	28,6 %	958,6 km	29,5 %	855,8 km	29,0 %
3	Nahverkehr	2.858,5 km	71,9 %	2.398,3 km	73,7 %	2.165,7 km	73,5 %
4	Stadtbahnen	232,0 km	5,8 %	218,7 km	6,7 %	216,5 km	7,3 %
5	„Pauschalverkehr“	861,1 km	21,7 %	620,4 km	19,1 %	559,3 km	19,0 %
1...5	Gesamtnetz	3.973,1 km	100,0 %	3.252,1 km	100,0 %	2.946,1 km	100,0 %

Bei der Interpretation ist zu beachten, dass über dieselbe Strecke (dieselben Gleise) häufig sowohl Güter-, Fern- und Nahverkehr fahren und die Streckenlänge dann mehrfach gezählt wird. Deshalb fällt die Summe aus Nr. 1 bis 5 mit 7.615 km auch etwa doppelt so hoch aus wie die Länge des Gesamtnetzes (3.973 km).
Die wichtigsten Ergebnisse für das Schienennetz lauten:

- SCH ist **homogener** als STR
  - In MoG, ReG und Hessen variieren die Anteile je Zugart weniger stark als die der Straßengattungen (vgl. mit Tab. 34, S. 170)
- **ca. 74** bzw. **64 %** des Gesamtnetzes werden vom **Nah-** und **Güter**verkehr befahren
  - Deutlich weniger vom Fernverkehr mit 30 % und den Stadtbahnen mit 5 %
- **78,3-81,0 %** des Gesamtnetzes besitzen **reale Zugzahlen** (= 100 % - Nr. 5)
  - Ähnlich hoher Versorgungsgrad wie bei Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen (Tab. 34, S. 170)

[350] Das Nullsetzen sorgt v.a. bei kleinen Tageswerten für Abweichungen von bis zu -3 dB, z.B. wenn „1,99“ zu „1“wird.
[351] Analog zu den Straßen lässt sich auch für Schienen zeigen, dass ein Suchradius von 4.000 m i. Allg. optimal ist.

Das **Fazit** lautet: Manuelle Fahrplanauswertungen – um Zugzahlen und deren Verteilung auf die Zeitbereiche D, E und N zu ermitteln – besitzen folgende Vor- und Nachteile (+/-):

+ brauchbar für den *Personen*verkehr
+ keine finanziellen Aufwendungen
+ keine langjährigen juristischen Verhandlungen über Nutzungsrechte
+ großflächige Lärmkarten können unabhängig von Dritten erstellt werden
+ Auswertung liefert gute Einblicke in das gesamte Schienennetz
- *un*brauchbar für den *Güter*verkehr
- hoher zeitlicher Aufwand (2 Monate), aber für Hessen noch akzeptabel
- alle Zugzahlen sind manuell auf die Geometrien zu übertragen
- viele komplexe Arbeitsschritte: Fahrplanauswertung, Bildung von streckenspezifischen Zugzahlen (Abb. 24, S. 176) und manuelle Übertragung auf die Geometrien
- unklares Fehlerrisiko

In HEplus-SCH werden realistisch erfasst (Faustformeln):

- Personenverkehr: a) Zugzahlen: Ja b) Verteilung auf D, E u. N: Ja
- Güterverkehr: a) Zugzahlen: Ja b) Verteilung auf D, E u. N: *Unklar*

Das Defizit beim Güterverkehr lässt sich nur durch EBA-/DB-Daten beseitigen (S. 171).

Aufbau des finalen Berechnungsmodells HEplus(SCH)

- In die Datei mit HEplus-Basis wird HEplus-SCH importiert
- Alle Schienen werden auf das DGM gelegt[352]
- Alle softwarespezifischen Einstellungen werden gesetzt[353]

4.5.6 Phase 4b: Hessen plus Außenbereich – Flugverkehr

Das Modell HEplus-FLG beinhaltet nur den Flughafen Frankfurt als Lärmquelle.

Eingangsdaten

Bei den Eingangsdaten handelt es sich um dasselbe DES 2005, welches auch in der Lärmkartierung Hessen 2007 zum Einsatz kam (ACCON, 2007). Es wird nicht verändert (s.S. 152).

Aufbau des finalen Berechnungsmodells HEplus(FLG)

- In die Datei mit HEplus-Basis wird HEplus-FLG importiert
- Alle softwarespezifischen Einstellungen werden gesetzt[354]

4.5.7 Weitere Modelle

Weitere Modelle werden nicht hier, sondern direkt in den späteren Kapiteln beschrieben:

- Phase 5: HEplus – Gesamtlärm (GES) – in Kap. 7.2, S. 289
- Phase 6: Deutschland – STR, SCH und GES – in Kap. 8, S. 327

4.5.8 Ergebnisse und Empfehlungen

Die Erstellung der Akustik-Modelle WI, HE und HEplus liefert folgende Erkenntnisse:

- WI und HEplus sind die derzeit *bestmöglichen* Modelle für Wiesbaden und Hessen
- Der Aufbau von WI (204 km²) liefert wertvolle Erfahrungen, um das ca. 100-mal größere Modell HEplus (23.415 km²) erstellen zu können. Vieles, aber nicht alles, ist übertragbar:

[352] Im Gegensatz zu HEplus(STR) müssen bei HEplus(SCH) keine Steigungen berechnet werden – laut VBUSch irrelevant.
[353] Die Berechnung kann jetzt gestartet werden.
[354] Die Berechnung kann jetzt gestartet werden.

    - Große strategische Modelle erfordern z.T. vollkommen andere Bearbeitungsmethoden als kleine lokale Modelle
- HEplus erstreckt sich über die Landesgrenze von Hessen hinaus bis zur nächstgelegenen Straße, weil nur so die grenzüberschreitenden Ruhigen Gebiete vollständig zu erfassen sind:
    - Vergrößerung des Rechengebietes von 21.116 auf 23.415 km² (+11 %)
- Für HEplus existieren Modelle mit den 3 wichtigsten Lärmarten der END:
    - Straßen, Schienen und Flugverkehr – STR, SCH und FLG
- Für WI und HEplus gilt:
    - Es gibt *keine* amtlichen Straßennetze, die reale DTV-Werte enthalten *und gleichzeitig* hinreichend lagegenau sind
    - ⇨ Jeweils *2* unabhängige Straßennetze sind optimal zu kombinieren:
        - Straßennetz mit realen DTV-Werten
        - \+ ATKIS-Netz mit lagegenauer Geometrie
- Reale DTV-Werte müssen entweder mit Hilfe einer Standard-GIS-Prozedur („Spatial Join") automatisch oder manuell auf die Geometrien übertragen werden, weil gemeinsame Primärschlüssel (IDs) fehlen

⇨ **Empfehlung:** Geobasisdaten und Fachdaten sind grundsätzlich über gemeinsame **Primärschlüssel** zu organisieren – und das **verwaltungsübergreifend**. Damit ließen sich viele Aufgaben in kürzerer Zeit und höherer Qualität erledigen

- Die realen DTV-Werte der Verkehrsnetze lassen sich mit der Standard-GIS-Prozedur (s.o.) *einfach* und *zuverlässig* den ATKIS-Geometrien zuweisen, *wenn* man diese Prozedur nicht auf das Gesamtnetz, sondern nur auf das klassifizierte Netz anwendet, also vorher die Gemeindestraßen separiert:
    - WI: 49 % korrekte Zuweisungen beim Gesamtnetz
    - HEplus: **96 % korrekte** Zuweisungen beim klassifizierten Netz
- 100%-Kontrollen kennzeichnen WI und HEplus: Alle automatisch zugewiesenen realen DTV-Werte sind zu 100 % manuell kontrolliert und ggf. korrigiert
- Selbst große Modelle (hier: HEplus, STR) lassen sich mit vertretbarem Aufwand ***halb*-manuell** bearbeiten:
    - 12.627 km STR sind mit realen DTV-Werten versorgt
        - 3.973 km SCH sind mit realen Zugzahlen versorgt, s.u.
    - Aufwand = Arbeitszeit = ca. 40 h, für die 100%-Kontrollen[355]
- **Manuelles Arbeiten** *kann* effektiver und effizienter sein als langwieriges „Austüfteln" von *komplexen* GIS-Prozeduren.[356] Allerdings hängen die Ergebnisse vom Kartierer ab und sind weniger gut reproduzierbar. Daher ist auf eindeutige Arbeitsanweisungen und eine aussagekräftige Dokumentation zu achten. Ob eine

[355] Ob dieser Aufwand bei 96%iger Fehlerfreiheit – gültig nur für HEplus und die dafür benutzten Straßennetze – gerechtfertigt ist, hängt vom Anwendungszweck des Modells und der „Fehlertoleranz" der beteiligten Personen ab. Nach dem Pareto-Prinzip könnte auf manuelle Kontrollen verzichtet werden. In der vorliegenden Arbeit finden sie auch deshalb statt, um die Erfolgsquoten für die GIS-Prozeduren zu ermitteln. So wie das rein ökonomische Pareto-Prinzip *gegen* Kontrollen spricht, gibt es ein nicht minder gewichtiges Argument *dafür*: Nach den Kontrollen kann der Kartierer seinem Modell besser vertrauen, wobei der psychologisch-subjektive Vertrauenszuwachs weit höher sein dürfte als der objektive. Das Gleiche gilt auch für andere Nutzer. Hier ist also zwischen dem rational-ökonomischen Pareto-Prinzip und den psychologisch-unökonomischen Kontrollen abzuwägen.

[356] Insbesondere wenn a) die Prozeduren nur alle 5 Jahre (END) und dann nur 1-mal für die neuen Verkehrsmengen (neue SVZ) zur Anwendung kommen und b) sich die Geometrie des Straßennetzes bis zur nächsten Zuweisung ändert und dadurch die „alte" GIS-Prozedur u.U. „veraltet" ist und erst nach Anpassungen wiederverwendet werden kann.

manuelle Ausführung fehleranfälliger als eine automatisierte ist, wäre noch zu prüfen

- HEplus berücksichtigt *alle* Straßen und *alle* Schienen als Lärmquellen:
  - Straßen: 57.897 km
  - Schienen: 3.973 km
- Straßen und Schienen, denen keine realen Verkehrsmengen zugewiesen werden konnten, besitzen **Pauschalwerte**:
  - Straßen: Q90-Perzentilwerte, 500 Kfz/24h — widmungsspezifisch[357] für alle Gemeindestraßen
  - Schienen: 10 Güterzüge/a — für alle Strecken ohne Realwerte
- **Reale** Verkehrsmengen besitzen in *Hessen*:
  - WI (nur STR): 23,6 % aller Straßen[358]
  - HEplus-STR: 26,8 % aller Straßen
    - 70-90 % der Autobahnen, Bundes- u. Landesstraßen
    - 27 % der Kreisstraßen
    - 0 % der Gemeindestraßen
  - HEplus-SCH: 81 % aller Schienenwege

⇨ **<u>Empfehlung</u>:** Über Verkehrssimulationen, -zählungen oder andere Methoden sind vor allem mehr Kreis- und Gemeindestraßen mit realen DTV-Werten zu versorgen. Hinsichtlich des Aufwandes ist zu beachten, dass ein Faktor 2 im DTV-Wert nur ±3 dB Pegelunterschied ergibt, s. Abb. 45, S. 243. Von daher sollten Verfahren eingesetzt werden, die mit *wenig* Aufwand für *viele* Straßen *reale* oder zumindest *realistischere* DTV-Werte liefern

- Zugzahlen lassen sich selbst für größere Modelle (hier: HEplus mit 3.973 km SCH) mit vertretbarem Aufwand ***voll*-manuell** ermitteln und ***voll*-manuell** den ATKIS-Geometrien zuweisen
- Zugzahlen sind in kostenfrei zugänglichen öffentlichen Datenquellen zu finden:
  - für Personenzüge: in den aktuellen Fahrplänen
  - für Personen- und Güterzüge: in den 5-jährlichen DESTATIS-Statistiken[359]
- Die Verteilung der Zugzahlen auf die Zeitbereiche D, E und N lässt sich für Personenzüge aus Fahrplänen abschätzen, für Güterzüge nur pauschal postulieren:
  - Personenzüge: 70 % : 20 % : 10 % aus Fahrplänen
  - Güterzüge: 37,5 % : 12,5 % : 50 % aus pauschalen Annahmen
- Für alle anderen Eingangsdaten (Parameter) existieren entweder keine realen Werte oder deren Beschaffung würde einen zu hohen Aufwand (Kosten, Zeit etc.) verursachen

⇨ **Empfehlungen**:
  - *Allgemein* gesehen, sind Realwerte immer besser als Pauschalwerte und Pauschalwerte immer besser als gar keine Werte
  - *Akustisch* gesehen, ist es jedoch weder effektiv noch effizient, immer Realwerte zu erheben oder zu beschaffen. Stattdessen sollte sich ihre Verwen-

---

[357] Q90 wird aus den Daten verschiedener SVZ abgeleitet: a) WI: aus SVZ 2000, weil damit kompatibel zum BSV-Netz aus 2000. b) HEplus: aus SVZ 2005, weil die aktuelle SVZ aus 2005 stammt (die Modelle wurden 2008 erstellt). Die Unterschiede sind *i. Allg.* unbedeutend, s.a. Fußnote 266, S. 149.

[358] WI besitzt keine SCH, nur STR: 20,7 % aus dem lokalen Verkehrsnetz BSV-00 und 2,9 % aus SVZ 2005, s. Tab. 30, S. 158.

[359] Die aktuellen Betriebsdaten des Schienenverkehrs (DESTATIS, 2012b) enthalten nur noch die 3 Karten mit dem gesamtdeutschen Schienennetz, nicht mehr die 3 × 7 Karten pro Ländergruppe (s.S. 173), was ihren Nutzen erheblich schmälert:

- Die neuen Betriebsdaten von **2010** enthalten deutlich **weniger Informationen als** die alten Betriebsdaten von **2005**

dung nach der Bedeutung des Parameters für die Gesamtqualität einer Lärmkarte richten und Realwerte zuerst für die Parameter mit dem größten Einfluss ermittelt werden, s.a. Pareto-Prinzip, Abb. 10, S. 126

- *Ohne* Mengenschwelle *alle* Lärmquellen zu kartieren und dabei möglichst plausible Pauschalwerte für die restlichen Quellen ohne Realwerte zu verwenden, ist bei **strategischen Lärmkartierungen** besser als nur die *wenigen* Lärmquellen zu kartieren, für die Realwerte vorliegen (s.a. Abb. 25, S. 184)
- Grund: S*trategische* Lärmkarten werden dadurch *global* gesehen insgesamt (in ganz MoG) *hochwertiger*, weil die pauschalwertbedingten Fehler nur *lokale* Qualitätsverluste bewirken, die aus *strategischer* Sicht zu verkraften sind (s. Abb. 13, S. 131 und als Beispiele: S. 194: Tab. 40, Nr. 29 und S. 249)
- Faustformeln: Vergleich der Fehler in den Emissionspegeln durch Real-/Pauschalwerte ⇔ Mengenschwellen (≙ *teilweise* keine Werte):
  - DTV-Wert um Faktor 2 zu hoch oder zu niedrig: 3 dB
  - Keine realen Straßenoberflächen: 6 dB
  - ⇔ DTV-Schwelle von 500 Kfz/24h: 50 dB
    ≙ alle Gemeindestraßen als Quellen vernachlässigt
  - ⇨ **DTV-Schwellen sind wichtiger als Realwerte**, da 50 dB ≫ 6 dB

Somit lautet das **Fazit**[360]:

- *Wenn* es um die Erstellung von Akustik-Modellen für ***strategische*** Lärmkartierungen geht, ist die **Prioritäten**-Reihenfolge **der Abb. 25** zu beachten

⇨ ***Erst* Mengenschwellen beseitigen, *dann* Realwerte erheben oder beschaffen**

Realwerte für alle Lärmquellen – oder gar alle Parameter – zu erheben und zu verwenden, scheint zwar am allerbesten zu sein, widerspricht aber häufig dem Pareto-Prinzip. Hier ist sorgfältig zu prüfen, ob der Aufwand den Nutzen rechtfertigt (Jäschke, 2011a, 2011c).

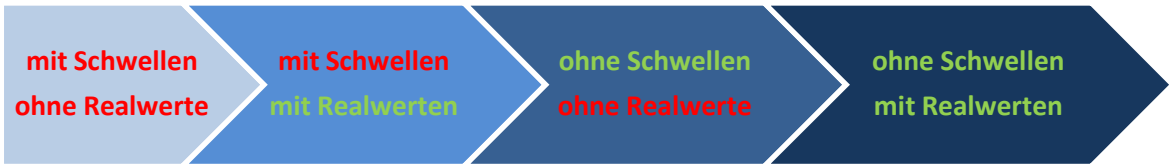


Abb. 25: Prioritäten für Akustik-Modelle: Erst Schwellen beseitigen, dann Realwerte verwenden.
Legende: Schriftfarbe: rot-grün = schlecht-gut ⇨ Je weiter rechts, desto besser das Akustik-Modell
Schwelle = Mengen-, Pegelschwelle usw., s.S. 74: Tab. 7, Nr. 4-7.
Realwert = durch Messung, Simulation etc. erhaltener, möglichst realistischer Wert
⇔ Pauschalwert, s. Tab. 23, S. 140

[360] Das aktuelle Kapitel beschreibt die Erstellung von Akustik-Modellen. Daher erscheint es angebracht, wenn dazu an seinem Ende eine Aussage von grundsätzlicher Bedeutung steht, auch wenn dadurch die Ergebnisse nachfolgender Kapitel (Kap. 5 u. 6, S. 185 u. 211) und anderer Arbeiten (Jäschke, 2011a, 2011c) vorweggenommen werden.

5. Wiesbaden: Parameterstudien STR

Das Modell WI beinhaltet sämtliche Straßen der Stadt Wiesbaden (WI) und des Außenbereichs (s. Kap. 4.5.2, S. 153). Die mit ihm verfolgten **Ziele** lauten:

1. Grundlegende Techniken erproben und einüben
2. Den Einfluss aller wesentlichen Modell-Parameter (s. Kap. 4.2, S. 137) auf die Genauigkeit der berechneten Schallpegel und die Rechenzeit ermitteln
3. Einen Satz optimaler Parameterwerte finden, der geeignet ist, um
    a) unter den gegebenen Hardware- und sonstigen Randbedingungen
    b) größere Rechengebiete (z.B. ganz Hessen)
    c) END-konform zu kartieren
    d) verlässliche Aussagen zu liefern
        i) zur Lärmbelastung
        ii) zu Ruhigen Gebieten
    e) dabei Land und Ballungsraum gleichwertig („fair“) zu behandeln
4. Hochwertige Lärm- und Ruhekarten für Wiesbaden erstellen
5. WI als Machbarkeitsstudie für HEplus (~ Hessen) verwenden

Anschließend wird zuerst begründet, warum überhaupt Parameterstudien stattfinden, warum dies am Beispiel der Stadt Wiesbaden geschieht (Kap. 5.1) und wie sie ablaufen (Kap. 5.2). Dann werden die wichtigsten Ergebnisse diskutiert (Kap. 5.3).

5.1 Warum Parameterstudien – warum Wiesbaden?

Wie schon in Kap. 4.2 (S. 137) beschrieben, hängen die mit einer Akustik-Software berechneten Schallpegel und damit auch die Lärm- und Ruhekarten von ca. 50 Parametern ab. Bei den meisten kann der Kartierer (Software-Nutzer) frei entscheiden, welche Parameter*werte* er verwendet – und bleibt dennoch konform zu VBUS & Co, weil die keine Werte vorgeben. Ausschließlich ideale Werte zu verwenden (s. Tab. 23, S. 140), würde unakzeptabel hohe Rechenzeiten verursachen und scheidet daher aus.[361] Um trotzdem hochwertige Lärm- und Ruhekarten generieren zu können, gilt es, einen optimalen Satz an Parameterwerten zu finden, der die Rechenzeit auf ein erträgliches Maß reduziert und gleichzeitig nur zu geringen Genauigkeitsverlusten führt. Dazu muss bekannt sein, wie sich jeder einzelne Parameter auf Genauigkeit und Rechenzeit auswirkt. Systematische und vollständige Analysen zum Einfluss der einzelnen Parameter und Parameterwerte existieren jedoch weder in allgemeiner Form noch im Hinblick auf die hessischen Besonderheiten (z.B. keine Gebäudehöhen verfügbar). Solche Analysen werden erstmals in der vorliegenden Arbeit für alle ca. 50 Parameter durchgeführt. Angesichts des Aufwandes beschränken sie sich auf **Straßenlärm** und die **Stadt Wiesbaden** als Rechengebiet.[362]
Gesetzte und damit konstante, nicht weiter untersuchte Parameter sind:

- Rechenvorschrift VBUS, Hardware, Software CadnaA und der Autor als Kartierer[363]

---

[361] Nach Kap. 5.3.3 (S. 208) lassen sich durch *optimale* Parameterwerte die Rechenzeiten auf 1/40.000 reduzieren. Damit kann HEplus in 12,5 d kartiert werden (S. 260: Tab. 61, Zeile 17), anstatt in nicht zu bewältigenden 40.000 × 12,5 d = 480.000 d = **1.315 a** bei *idealen* Werten (s. Tab. 23, S. 140 und s.a. S. 191).

[362] Für besonders einflussreiche Kern-Parameter finden in Kap. 6 (S. 211) zusätzliche Parameterstudien in HEplus statt.

[363] Gründe für die Konstanz dieser 4 Parameter:

a) VBUS: Die Lärmkarten dieser Arbeit sollen END-konform sein. Deshalb werden WI und HEplus nach VBUS berechnet. Einzige Ausnahme: Vergleich von VBUS mit RLS-90 in WI, s.S. 194: Tab. 40, Nr. 13

Für die **Stadt Wiesbaden** sprechen sowohl organisatorische als auch fachliche **Gründe**:

- Auf den Erfahrungen der Diplomarbeit (Jäschke, 2007) lässt sich aufbauen
- Als Wohnort sind **vor-Ort-Kontrollen** einfach möglich
- **Ortskenntnisse** erleichtern die Aufklärung von Ungereimtheiten und Fehlern in den Eingangsdaten und Lärmkarten sowie deren Interpretation
- Die Ergebnisse sind verallgemeinerbar, da WI eine **repräsentative akustische Topologie aufweist** (s.a. S. 155):
    - Das Gelände steigt von 61 m im Rheintal bis auf 617 m in den Taunushöhen an und besitzt ausgeprägt ebene wie auch stark modulierte Bereiche
    - Die Bodennutzung ist um den Innenstadtbereich repräsentativ für einen hochverdichteten Ballungsraum, in den Vororten hingegen ländlich geprägt (viele Freiflächen, unbebaut, s. Kap. 6.3, S. 219)
    - Im Norden existiert ein ca. 35 km² großes und von öffentlichen Verkehrswegen weitgehend unzerschnittenes Waldgebiet („Stadtwald"), das als potentiell Ruhiges Gebiet in Frage kommt
    - Im Süden grenzt das Bundesland Rheinland-Pfalz (Mainz) an, für das keine Gebäudedaten zur Verfügung stehen, so dass dieser Faktor hier bereits untersucht werden kann
    - Die Fläche beträgt ca. **1 % der Fläche Hessens** (204 km² ⇔ 21.116 km²)
- Wiesbaden wurde in der Lärmkartierung Hessen 2007 als Ballungsraum kartiert (DTV ≳ 3.000 Kfz/24h) – die Lärmkarten lassen sich zur Qualitätssicherung mit den eigenen vergleichen
- Reale Gebäudehöhen und reale DTV-Werte stehen zur Verfügung und ermöglichen nicht nur vollständige Parameterstudien, sondern auch einen Vergleich von Real- und Pauschalwerten (s.a. Kap. 4.4, S. 143)[364]
- Die für WI benötigten Rechenzeiten halten sich i.Allg. *absolut* gesehen in Grenzen
- Die HEplus-Rechenzeiten sind einfach zu prognostizieren, da näherungsweise gilt:
    - WI-Fläche : HEplus-Fläche = **1 : 100**
    - ⇨ HEplus-Rechenzeit = 100 × WI-Rechenzeit[365]

---

b) Hardware: Die eingesetzte Hardware (s. Kap. 3.1.3, S. 122) hätte zwar ausgetauscht werden können, aber Hardware-Vergleiche sind nicht Gegenstand der Arbeit. Eine gewisse Ausnahme stellt der Parameter „Multithreading" dar, s.S. 194: Tab. 40, Nr. 17

c) CadnaA: Der Autor besitzt Vorerfahrungen durch die Diplomarbeit (Phase 0), und der Einarbeitungsaufwand in andere Produkte hätte den Rahmen der Arbeit gesprengt

d) Kartierer: Die Durchführung eines Ringversuches mit mehreren Kartierern wäre ebenfalls zu aufwändig gewesen. Lechner (2009) berichtet von einem Ringversuch mit 11 Teilnehmern, die u.a. L_D-Pegel für 11 Immissionspunkte (IP) in 4 m Höhe nach der österreichischen Norm RVS 04.02.11 zu berechnen hatten. Die Ergebnisse pro IP lauten: Standardabweichungen ~ **2-3 dB**, Spannweiten (Max-Min) ~ **6-10 dB**. Da nicht überall dieselbe Software verwendet wurde, mischen sich hier Einflüsse aus c) und d)

[364] Weitere Realwerte, allerdings ohne Relevanz für die in dieser Arbeit diskutierten Ergebnisse: reale Einwohner pro Gebäude, reale Geschwindigkeiten, reale Lkw-Anteile usw. Siehe hierzu: Jäschke (2011a).

[365] Die Umrechnung anhand der Proportionalität Rechenzeit ∝ Fläche ist als Faustformel zu verstehen. Sie gilt, wenn alle Parameterwerte – insb. die akustische Topologie – unverändert bleiben, d.h. wenn WI exakt dieselben akustischen Eigenschaften aufweisen würde wie HEplus. Da HEplus jedoch *pro Flächeneinheit* deutlich weniger Straßen und abschirmende Gebäude enthält als WI, ist mit einem Faktor < 100 zu rechnen. Das bestätigen folgende Zahlen:

a)	berechnete Flächen:	Faktor = 23.410,3 km²/203,7 km²	= 114,9
b)	berechnete Rasterpegel:	Faktor = 37.456.588/325.928	= 114,9
c)	Rechenzeit:	Faktor = 12,48 d/0,44 d	= **28,5** < 100 ~ 114,9

In diesem Sinne ist WI zwar nicht repräsentativ, aber die mit WI extrapolierte HEplus-Rechenzeit liegt auf der sicheren Seite, weil gilt: extrapolierte Rechenzeit > tatsächliche Rechenzeit, genauer: 100/28,5 = 3,5-mal so groß.

Beachte: *berechnete* ReG-Fläche < *gesamte* ReG-Fläche = ReG-Fläche, da innerhalb größerer Gebäude keine Pegel berechnet werden, s.S. 194: Tab. 40, Nr. 3. In Zahlen: WI: 203,7 km² < 203,9 km² und HEplus: 23.410,3 km² < 23.415,3 km².

In WI werden ca. 300 vergleichende Parameterstudien zum Einfluss der wichtigsten Parameter auf Rechenzeit und Genauigkeit durchgeführt.

5.2 Vorgehen

Nomenklatur

Ein **Parameter P_k**, k = 1, …, M, ist eine beliebige Größe oder Operation (Arbeitsweise), durch die ein Akustik-Modell beeinflusst werden kann. Der Begriff wird hier weit ausgelegt. Unterschieden werden 4 Arten von Parametern (s.S. 138):

1. Software-Einstellungen: $P_1, \ldots, P_r$
2. Eingangsdaten: $P_{r+1}, \ldots, P_s$
3. Geometrische und attributive Vereinfachungen: $P_{s+1}, \ldots, P_t$
4. Sonstige Parameter: $P_{t+1}, \ldots, P_M$[366]

Für die Menge P aller möglichen Parameter P_k gilt:

$$P = \{P_1, P_2, \ldots, P_k, \ldots, P_M\}$$

Jeder Parameter P_k kann unterschiedliche Werte $x_k = x_{k\,j}$ annehmen, j = 1, …, N:[367]

$$P_k = x_k$$
$$x_k \in \{\text{von } P_k \text{ abhängiger Wertebereich}\}$$
$$= \{x_{k\,1}, x_{k\,2}, \ldots, x_{k\,j}, \ldots, x_{k\,N}\},\ N = \text{endlich}$$

Die durch das letzte Gleichheitszeichen ausgedrückte Annahme einer endlichen Anzahl diskreter Parameterwerte $x_{k\,j}$, j = 1, 2, …, N < ∞ lässt sich ohne Beschränkung der Allgemeinheit aus folgenden Gründen rechtfertigen[368]:

- Vom Aufwand her lassen sich nur wenige (endlich viele) Modelle erstellen
- Ein sinnvoller Wertebereich deutet sich oft schon aus akustischen Gründen an
- Die Einfluss*richtung* – welcher Wert x_k führt zu maximaler Genauigkeit und minimaler Rechenzeit – geht i. Allg. aus der Definition des Parameters P_k hervor
- Die Einfluss*stärke* – wie stark variieren Rechenzeit und Genauigkeit, wenn x_k verändert wird – steht i. Allg. nach wenigen Modellrechnungen fest

Jedes **Rechenmodell** (Akustik-Modell) besteht aus der Menge X aller Parameter*werte*:

$$X = \{x_1, x_2, \ldots, x_k, \ldots, x_M\}$$

Parametermodelle entstehen, wenn man *einen einzigen* Parameter P_k auswählt und dann nur die Werte $x_k = x_{k\,j}$ dieses einen Parameters variiert: j = 1, …, N. Die Werte aller anderen Parameter bleiben hingegen konstant, um den alleinigen Einfluss von P_k bestimmen zu können. Ein solches Parametermodell wird beschrieben durch:

$$X_{k\,j} = \{x_1, x_2, \ldots, x_{k\,j}, \ldots, x_M\}$$

---

[366] Beispiele: s. Kap. 4.2, S. 137 und Tab. 40, S. 194.

[367] Nomenklatur:

- $\mathbf{x_{k\,j}}$ steht für die unterschiedlichen Werte, die P_k annehmen kann und wird benutzt, wenn man P_k diskutiert
- $\mathbf{x_k}$ steht für einen der N möglichen Werte $x_{k\,j}$ und wird *zur Vereinfachung* benutzt, wenn nicht P_k diskutiert, sondern ein anderer Parameter P_l, l ≠ k, betrachtet wird, oder es allgemein um die Menge P aller Parameter geht

[368] Beispiel: P_k = Suchradius mit den Parameterwerten x_k = beliebige Längenangabe.

- Aufwand: Analysiert werden endlich viele diskrete Werte $x_k = x_{k\,j}$ = 1.000 m, 2.000 m, …, 6.000 m, s.S. 194: Tab. 40, Nr. 2
- Wertebereich: Mit wachsendem Suchradius erfasst man zwar immer mehr Schallquellen, doch deren Beiträge zum Gesamtimmissionspegel werden immer kleiner. Da sich die Gesamtpegel für x_k > 6.000 m nicht mehr ändern, können sich die Parameterstudien auf den Wertebereich x_k ≤ 6.000 m beschränken. Weil die akustischen Auswirkungen verschiedener x_k kontinuierlich verlaufen, ist es nicht erforderlich, x_k in kleinen Schritten (z.B. 1-m-Schritten) zu variieren
- Einfluss*richtung*: Maximale Genauigkeit bei großem x_k (z.B. 6.000 m), minimale Rechenzeit bei kleinem x_k (z.B. 1.000 m)
- Einfluss*stärke* (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 2): a) Genauigkeit steigt **quadratisch** mit x_k bis zur Sättigung von 100 % bei 6.000 m
  b) Rechenzeit steigt **exponentiell** mit x_k

Jeder **Schallpegel L(i)**, i = 1, …, W, der im Rahmen eines Akustik-Modells (Rechenmodells) an einem **Immissionsort IO(i)** berechnet wird, ist abhängig[369]

- von der akustischen Topologie um **IO(i)**
- von den gewählten Parameterwerten X bzw. X_{kj}

Die zur Berechnung von L(i) benötigte Zeit t(i) hängt von denselben Faktoren ab.
Folglich gilt:

$$L(i) = L(i, X) = L(i, x_1, x_2, ..., x_k, ..., x_M) \quad \text{bzw.}$$
$$L(i)_{kj} = L(i, X_{kj}) = L(i, x_1, x_2, ..., x_{kj}, ..., x_M)$$
$$t(i) = t(i, X) = t(i, x_1, x_2, ..., x_k, ..., x_M) \quad \text{bzw.}$$
$$t(i)_{kj} = t(i, X_{kj}) = t(i, x_1, x_2, ..., x_{kj}, ..., x_M)$$

Damit die Parameterstudien ihren Zweck erfüllen – d.h. die Frage beantworten, wie sich verschiedene Parameterwerte sowohl relativ zueinander als auch absolut gesehen auf Rechenzeit und Pegel auswirken – muss man in sämtlichen Modellen stets dieselben W Immissionspegel L(i) berechnen. Der Laufindex i kann daher bei aggregierten Größen, in die alle W Pegel eingehen, entfallen. Das gilt z.B. für die Lärmkarte K, die dafür benötigte Rechenzeit T und daraus abgeleitete Größen wie Pegel- oder Rechenzeitdifferenzen (s.u.).

Alle W Immissionspegel L(i) ergeben die **Lärmkarte K**:

$$K = K(X) = K(x_1, x_2, ..., x_k, ..., x_M) \quad \text{bzw.}$$
$$K_{kj} = K(X_{kj}) = K(x_1, x_2, ..., x_{kj}, ..., x_M)$$

Die Lärmkarte gestattet Aussagen zum Einfluss der Parameterwerte x_{kj} und damit auch des Parameters P_k auf die **Genauigkeit** des jeweiligen Akustik-Modells.

Neben der Genauigkeit werden die Parameter(werte) auch dahingehend beurteilt, wie schnell sich mit ihnen die Lärmkarte K berechnen lässt. Die **Rechenzeit T** ergibt sich zu

$$T = t(1) + t(2) + \ldots + t(W)$$ [370]

Für T gilt ebenfalls:

$$T = T(X) = T(x_1, x_2, ..., x_k, ..., x_M) \quad \text{bzw.}$$
$$T_{kj} = T(X_{kj}) = T(x_1, x_2, ..., x_{kj}, ..., x_M)$$

Der Ablauf der Parameterstudien gliedert sich in 3 Blöcke (= 3 Farben in Abb. 26) und lässt sich in die nachfolgend beschriebenen Schritte 1 bis 6 unterteilen.

---

[369] Anmerkungen:

1) Immissionsort IO und Immissionspunkt IP werden synonym verwendet: **IO = IP**. Es kann sich dabei um einen Fassadenpunkt (**FAS**), einen frei wählbaren Immissionspunkt oder den Rasterpunkt einer Rasterzelle (**RAS**) handeln, s.a. S. 136: Fußnote 223, Anmerkung 1.
2) In den anschließend diskutierten Lärmkarten werden die Schallpegel L(i) in den Mittelpunkten eines regelmäßigen 2-dimensionalen Gitternetzes (Rasternetzes) berechnet, das aus U Gitterlinien in x- und V in y-Richtung besteht, die sich jeweils im Abstand von 25 m befinden. L(i) wird nur für jene Mittelpunkte berechnet, die in das vorgegebene Rechengebiet WI fallen. Unter idealisierten geometrischen Bedingungen (rechteckiges Rechengebiet, keine IP in Gebäuden etc.) gilt für die Gesamtanzahl W der zu berechnenden Schallpegel: W = U × V. Durch den **Laufindex i** = 1, …, W wird jeder IP = IP(i) eindeutig gekennzeichnet.
3) Zu den Abhängigkeiten von L(i): s.a. „Voraussetzungen für faire Rankings ...", S. 281.
4) Akustische Topologie: Definition auf S. 136.

[370] Die Rechenzeit T ließe sich auch der Lärmkarte als Variable zuordnen: K = K(X, T) bzw. $K_{kj} = K(X_{kj}, T_{kj})$. Hier werden jedoch die Parameterwerte als unabhängige Variablen verstanden, die demzufolge prinzipiell frei wählbar sind und deren Einfluss auf die beiden Variablen K und T es zu untersuchen und zu bewerten gilt. Für diese Aufgabe ist es nur wichtig, dass K und T als abhängige Variablen Funktionen von X sind. Andere Abhängigkeiten werden zur Vereinfachung weggelassen.

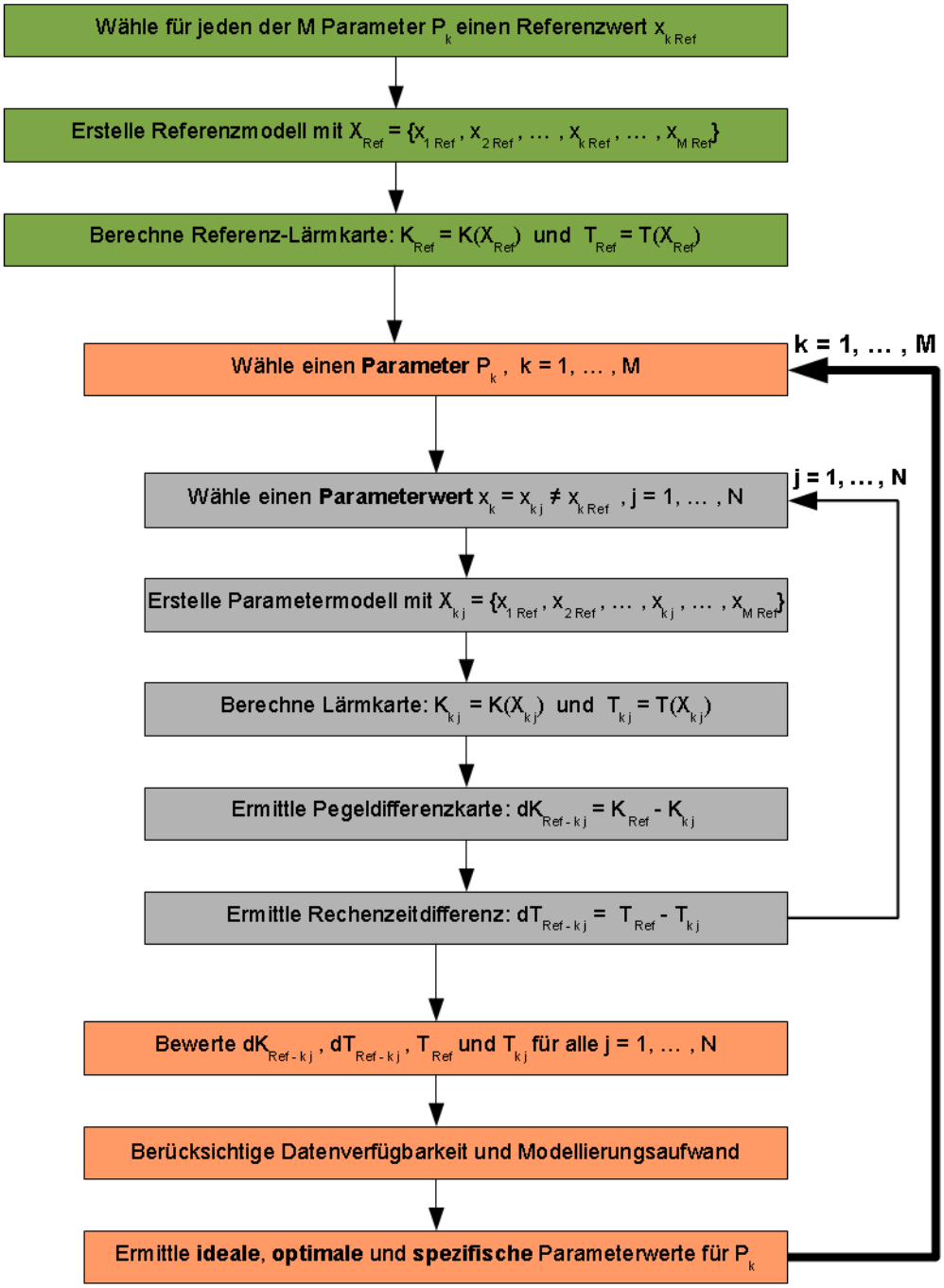


Abb. 26: Ablauf der Parameterstudien.

Schritt 1: Referenz-Lärmkarte erstellen

Als Erstes wird für jeden Parameter P_k ein **Referenzwert** $x_{k\,Ref}$ gewählt. Aufgrund einfacher Tests und den Ergebnissen der Diplomarbeit (Jäschke, 2007) lässt sich erreichen, dass das entstehende Referenzmodell hinsichtlich der beiden widerstrebenden Anforderungen – geringe Rechenzeit und hohe Genauigkeit (Qualität) – eine „solide“ (nicht ideale) Ausgangsbasis darstellt.

Mit dem vollständigen Satz an Referenzwerten

$$X_{Ref} = \{x_{1\,Ref}, x_{2\,Ref}, \ldots, x_{k\,Ref}, \ldots, x_{M\,Ref}\}$$

wird das **Referenzmodell** aufgebaut, anschließend jeder einzelne der W Schallpegel $L(i)_{Ref}$ berechnet, so dass nach der Rechenzeit T_{Ref} die **Referenz-Lärmkarte** K_{Ref} vorliegt:

$$L(i)_{Ref} = L(i, X_{Ref})$$
$$K_{Ref} = K(X_{Ref})$$
$$T_{Ref} = T(X_{Ref})$$

Schritt 2: Parameter und Parameterwert auswählen

Untersucht werden alle Parameter, für die ein merklicher Einfluss auf Pegel oder Rechenzeit bekannt ist oder vermutet wird oder die im Hinblick auf die großen Modelle HE und HEplus „attraktiv" erscheinen.

Dazu wird ein Parameter P_k ausgewählt, das Referenzmodell aufgerufen und dort der zugehörige Referenzwert $x_{k\,Ref}$ abgeändert in einen **Parameterwert**

$$x_{k\,j} \quad \text{mit } x_{k\,j} \neq x_{k\,Ref},\ j = 1, \ldots, N,$$

und alle anderen Referenzwerte beibehalten:

$$X_{k\,j} = \{x_{1\,Ref}, x_{2\,Ref}, \ldots, x_{k\,j}, \ldots, x_{M\,Ref}\}$$

Mit diesem Parametermodell wird analog zum Referenzmodell verfahren, was zur **Parameter-Lärmkarte** $K_{k\,j}$ führt:

$$L(i)_{k\,j} = L(i, X_{k\,j})$$
$$K_{k\,j} = K(X_{k\,j})$$
$$T_{k\,j} = T(X_{k\,j})$$

Schritt 3: Pegeldifferenzkarte und Rechenzeitdifferenz berechnen

Jetzt wird für jeden Immissionsort IO(i) von dem in Schritt 1 berechneten Referenzpegel $L(i)_{Ref} = L(i, X_{Ref})$ der in Schritt 2 ermittelte Pegel $L(i)_{k\,j} = L(i, X_{k\,j})$ des Parametermodells arithmetisch subtrahiert, was zur **Pegeldifferenz $dL(i)_{Ref\,-\,k\,j}$** in IO(i) führt:

$$dL(i)_{Ref\,-\,k\,j} = L(i)_{Ref} - L(i)_{k\,j} = L(i, X_{Ref}) - L(i, X_{k\,j})$$

Alle W Pegeldifferenzen $dL(i)_{Ref\,-\,k\,j}$ ergeben die **Pegeldifferenzkarte $dK_{Ref\,-\,k\,j}$**:

$$dK_{Ref\,-\,k\,j} = K_{Ref} - K_{k\,j} = K(X_{Ref}) - K(X_{k\,j})$$

Außerdem wird die **Rechenzeitdifferenz $dT_{Ref\,-\,k\,j}$** der beiden Berechnungen ermittelt:

$$dT_{Ref\,-\,k\,j} = T_{Ref} - T_{k\,j} = T(X_{Ref}) - T(X_{k\,j})$$

Die Auswertung der Parameterstudien zu WI beschränkt sich auf L_{DEN}-Rasterpegel.[371]

Schritt 4: Weitere Parameterwerte für denselben Parameter wählen

Schritt 3 wird für alle als notwendig erachteten Werte desselben Parameters wiederholt.

Schritt 5: Neuen Parameter wählen

Analog zu Schritt 2 wird nun ein neuer Parameter gewählt und wieder die Schritte 3 bis 5 durchlaufen. Dies wird solange wiederholt, bis alle M Parameter untersucht sind.

Damit liegen ganz am Ende für jeden der M Parameter P_k folgende Daten vor:

- 1 Referenz-Lärmkarte mit der dafür benötigten Rechenzeit
- N Parameter-Lärmkarten mit den jeweiligen Rechenzeiten
- N Pegeldifferenzkarten und Rechenzeitdifferenzen

Für die Parameterstudien zu WI gilt: N = N(k) = 2 bis 9.

Schritt 6: Auswertung

Zur Auswertung werden für jeden Parameter P_k folgende Größen miteinander verglichen:

- die N + 1 absoluten Rechenzeiten: $T_{Ref}, T_{k\,1}, \ldots, T_{k\,N}$
- die N Pegeldifferenzkarten: $dK_{Ref\,-\,k\,1}, \ldots, dK_{Ref\,-\,k\,N}$
- die N Rechenzeitdifferenzen: $dT_{Ref\,-\,k\,1}, \ldots, dT_{Ref\,-\,k\,N}$

[371] In der Arbeit wird bis auf wenige Ausnahmen nur L_{DEN} und RAS betrachtet, s. Abb. 1, S. 8.

Die **Projektierung von HEplus** geschieht folgendermaßen:

1) Hochrechnung der WI-Rechenzeiten mit dem Faktor 100, da HEplus etwa die 100-fache Fläche besitzt (s.S. 186, insb. Fußnote 365)
2) Abwägung (i.S. Kosten-Nutzen-Analyse) der Antworten auf folgende Fragen:
    - Welche Parameterwerte verkürzen die Rechenzeit stark und führen *gleichzeitig* zu nur geringen Genauigkeitsverlusten („Win-win-Situation")?
    - Welche absolute Rechenzeit kann nicht überschritten werden?
    - Welche Parameter wirken sich stark auf die Rechenzeit aus?
    - Welcher Verlust an Genauigkeit ist noch tolerierbar?
    - Welche Rolle spielen Datenverfügbarkeit und Modellierungsaufwand?

Die Ergebnisse der Parameterstudien (s.u.) lassen sich in 3-facher[372] Hinsicht nutzen:

- Um **optimale** Parameterwerte für die in dieser Arbeit zu erstellenden Modelle HE und HEplus **zu wählen**, welche einerseits auf die hier gegebenen technischen und organisatorischen Randbedingungen abgestimmt sind, sich andererseits aber auf andere Modelle übertragen und damit vielseitig nutzen lassen
- Um **ideale** Parameterwerte **zu empfehlen**, die i. Vgl. zu den optimalen Werten zu einer *höheren* Gesamtqualität der Lärmkartierung führen, weil sie bestimmte akustische Effekte besser oder überhaupt erst berücksichtigen. Sie lassen sich anwenden, wenn eine Kartierung unter „besseren" Randbedingungen als hier stattfindet, also z.B. bessere Eingangsdaten (reale Gebäudehöhen usw.), ein größeres Projektteam, eine höhere Rechenleistung usw. – allgemein: mehr Ressourcen – bereitstehen. Die idealen Parameter weisen damit auch auf wünschenswerte Verbesserungen hin
- Um **spezifische** Parameterwerte **vorzuschlagen**, die i. Vgl. zu den optimalen Werten zu einer *niedrigeren* Qualität der Lärmkartierung führen, welche aber für spezifische Fragestellungen dennoch akzeptabel ist. Eine Anwendung kommt dann in Betracht, wenn die Randbedingungen nun umgekehrt schlechter als in dieser Arbeit sind oder wenn nur ganz spezifische Aufgaben[373] zu lösen sind

Tab. 40 (S. 194) diskutiert schwerpunktmäßig die optimalen Parameterwerte.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Erläuterungen zur Ergebnistabelle – Tab. 40, S. 194

Für die Parameterstudien zu WI gilt:

- Die Parameterstudien orientieren sich am Hauptziel der Arbeit (s. Abb. 1, S. 8)
- Mit WI werden **ca. 300 Parameterstudien** durchgeführt
- **Tab. 40** fasst lediglich die wichtigsten Ergebnisse zusammen
- Nur **Lden** wird erörtert, weil sich die Arbeit insg. auf Lden beschränkt (Abb. 1, S. 8)
- **Ideale** Parameterwerte können oft nur in der Tendenz angegeben werden, was in Spalte 2 der Tab. 40 geschieht
- **Spezifische** Werte lassen sich nur in Kenntnis der Randbedingungen und Ziele anderer Anwender sinnvoll angeben und bleiben deshalb meist unkommentiert

[372] Der 3-fache Nutzen geht auch aus dem letzten Kasten in Abb. 26 (S. 189) hervor.
[373] Beispiel: Für *großflächige* Ruhige Gebiete ist der Parameterwert maxF = 5 dB akzeptabel (S. 194: Tab. 40, Nr. 1).

- **Ziel** der Parameterstudien ist es, einen Satz **optimaler** Parameterwerte für HEplus zu finden und die ausgewählten Werte quantitativ zu begründen
- **Optimal** ist im Hinblick auf ***groß*flächige** und damit ***strategische* Lärmkartierungen** zu verstehen. Bei diesen bestimmt die Rechenzeit die Grenzen des Möglichen, während *lokale* Effekte und damit einhergehende Fehler eine viel geringere Bedeutung haben als bei ***klein*flächigen Lärmkartierungen,** wo es umgekehrt gerade auf eine hohe Genauigkeit ankommt. Geeignete Parameterwerte für kleinflächige Kartierungen werden in Tab. 40 nur vereinzelt erwähnt, da der Schwerpunkt auf HEplus liegt (s.o.)[374]
- Die Rechenzeiten gelten nur für die Software CadnaA und strenggenommen auch nur für die in den Parameterstudien eingesetzte Version 3.7.[375] Die Rechenzeiten verschiedener Programme unterscheiden sich i. Allg. deutlich – **Faktor ~200** in den von Hepworth, Trow & Hii (2006b) untersuchten Produkten –, weshalb auch die Software ein Parameter ist (s. Kap. 4.2, S. 137). In den meisten Fällen besitzt dieser Parameter jedoch einen konstanten Wert, weil entweder nur ein Produkt zur Verfügung steht oder sich der parallele Einsatz mehrerer vorhandener Produkte des Aufwandes wegen verbietet. Aufwandsbedingt gilt auch hier: Software = CadnaA = konstant. Im Gegensatz zu den *absoluten* Rechenzeiten kann aber vermutet werden, dass die hier ermittelten *relativen* Rechenzeiten (= „Vielfaches an Rechenzeit" = Tab. 40, letzte Spalte) auch für andere Software-Produkte gelten, zumindest näherungsweise. Hohe Vielfache in den relativen Rechenzeiten zeigen somit, welche Parameter auch in anderen Produkten effiziente Stellschrauben sein können.[376]
  Neben einer ganzen Reihe identischer oder ähnlicher Funktionen besitzt jede Software aber auch exklusive Einstellmöglichkeiten, wodurch ggf. einige der hier untersuchten Parameter irrelevant und andere dafür relevant sein können
- Die meisten qualitativen Aussagen der Ergebnistabelle sind allgemeingültig[377]

⇨ Die Resultate der Parameterstudien sind **verallgemeinerbar** und lassen sich für alle großflächigen Lärmkartierungen (> 10.000 km²) – auch für die der END 2012 ff. – nutzen. Welche Parameterwerte in anderen Projekten zu wählen sind, hängt immer auch von den **projektspezifischen Randbedingungen** (Ziel, Technik, Organisation usw.) ab

---

[374] **Nomenklatur**: Folgende Begriffe werden hier als Synonyme (~) und Antonyme (⇔) verwendet (s.a. Kap. 3.4, S. 127):
- global ~ landesweit ~ strategisch ~ **großflächig** ⇔ **kleinflächig** ~ operativ ~ gemeindeweit ~ lokal

Zu den kleinflächigen Lärmkartierungen zählen z.B.:
- Einzelgutachten mit wenigen IO = IP
- Kartierungen nach 16. BImSchV oder nach anderen Zulassungsvorschriften, s. Kap. 2.2.2, S. 86
- gemeindeweite Lärmkartierungen nach § 47a-alt BImSchG und § 47a BImSchG

Als **Faustformel** gilt:
- ReG(großflächig) ≥ 10.000 km² ≫ maximal einige 100 km² = ReG(kleinflächig):
  - ReG(HEplus) = 23.415 km² ≫ 204 km² = ReG(WI)

Anmerkung: Nach DESTATIS (2006a) weisen von den 2.075 deutschen Städten folgende die größten Flächen auf:
- Berlin 891 km², Hamburg 755 km², Wittstock/Dosse 417 km², Köln 405 km² und Templin 377 km²

Die beiden hessischen Ballungsräume der 1. Stufe – Frankfurt am Main und Wiesbaden – liegen mit 248 km² und 204 km² auf den Rängen 24 und 52.

[375] Aktuellere Versionen zeigen keine Unterschiede in den Rechenzeiten.

[376] Abweichende Algorithmen können zu anderen Vielfachen führen. Anwender, die keine eigenen Studien durchführen können oder wollen, sondern nur wissen möchten, auf welche Parameter sie am ehesten achten sollen, wird empfohlen, sich an den mit CadnaA ermittelten hohen Vielfachen zu orientieren. Letzte Klarheit können nur Produktvergleiche liefern, die aber nicht Gegenstand der Arbeit sind.

[377] Beispiel: Ein größerer Suchradius wird in allen Programmen, die diesen Parameter verwenden, zu einer höheren Rechenzeit führen. Das Vielfache wird nicht exakt gleich sein, aber in vergleichbarer Größenordnung liegen.

Tab. 40 ist wie folgt aufgebaut:

- 1. Spalte: Fortlaufende Nummer des Parameters ≙ k in Abb. 26, S. 189
- 2. Spalte: fett = Name des Parameters in CadnaA und ggf. seine Abkürzung[378],
  kursiv = idealer Wert oder Wertetendenz (Min, Max), die zu höchster Genauigkeit führt („*Idealwert-Tendenz*")[379]

  Thematisch ähnliche Parameter werden gruppiert: z.B. „Tunnel, Brücken" (Nr. 25)
- 3. Spalte: Der optimale Wert im Standardmodell von HEplus, s.a. Tab. 44, S. 215
- 4. Spalte: Alternative Werte mit Vielfachem der Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes in der 3. Spalte[380]
  - Teils gilt: idealer Wert = optimaler Wert

  Das Verhältnis der Rechenzeit des optimalen Parameterwertes zu alternativen Werten ist angegeben, und zwar als Faktor, um den das „optimale" Modell schneller (Vielfaches > 1) bzw. langsamer (Vielfaches < 1) als das „alternative" ist.
  - Parameterwerte sind je nach Einfluss auf die Rechenzeit farbig markiert:

Farbe	Faktor = Vielfaches an Rechenzeit			Einfluss
keine	1-5	bzw.	1-0,2	gering
gelb	5-10		0,2-0,1	mittel
orange	10-100		0,1-0,01	groß
rot	> 100		< 0,01	sehr groß

- Der Umfang der Anmerkungen orientiert sich an der Wichtigkeit der Parameter. Bei wichtigen Parametern wird im Anschluss an die 4-spaltigen Kurzangaben auf die Ergebnisse in Form von Pegeldifferenzkarten, Statistiken (Tabellen) und Erläuterungen detaillierter eingegangen, ansonsten stehen hier bloß die Parameterwerte
- Die Parameter werden in der Reihenfolge
  - Software-Einstellungen,
  - geometrische Vereinfachungen und
  - attributive Vereinfachungen

  vorgestellt
- Für die abgebildeten Pegeldifferenzkarten, die meistens ganz WI umfassen, gilt:
  - Die Karten sollen Effekte nur veranschaulichen, deshalb fehlen alle Kartenelemente mit Ausnahme der separaten Legende (s.a. S. 12: Tab. 2, Nr. 8a-c)
  - Alle Karten sind genordet
  - Maßstab: 1 cm ≙ ca. 4 km, d.h. ca. 1:400.000
    - bei Ausschnitten: Maßstab ohne Bedeutung, daher weggelassen
  - dicke schwarze Linie = Rechengebiet von WI = Stadtgebiet
  - dicke graue Linie = Modellgebiet von WI
  - Nur L_{DEN} wird analysiert, Ausnahme in Nr. 13: L_D, L_N, L_{Tag} u. L_{Nacht}(RLS-90)
- Der Text ist z.T. stichwortartig gehalten und nutzt i. Vgl. zu Kap. 5.2 verkürzte Formelzeichen:
  - $L_{DEN}(x_k)$ = Pegel bei Parameterwert x_k

---

[378] Eine ausführliche Beschreibung jedes Parameters findet sich im CadnaA-Handbuch (DataKustik, 2007).

[379] Beispiel: „Min" bedeutet, dass der numerische Wert möglichst klein zu wählen ist, d.h. je kleiner, desto „idealer", d.h. je näher am Idealwert liegend. Die Parameter sind i. Allg. nur für positive Werte definiert, z.B. maxF = maximaler Fehler ≥ 0 dB.

[380] Beispiel: In Nr. 1 (maxF) bedeutet „0 dB 7,5x ideal" zweierlei: a) beim Alternativwert maxF = *0 dB* steigt die Rechenzeit gegenüber dem Optimalwert maxF = 2 dB um das *7,5*-fache und b) maxF = 0 dB ist der *Ideal*wert von maxF und führt daher zu höchster Genauigkeit – ABER: eben auch zur höchsten Rechenzeit (siehe a).

- o dL$_{DEN}$ = Pegeldifferenz
- Datengrundlage aller Karten und statistischen Analysen sind:
  - o **ca. 300 Parameterstudien/-modelle**
  - o **mit jeweils 325.928 RAS-Pegeln** (MIT extrapolierten Pegeln)[381]

Parameterstudien zu Fassadenpegeln (nach VBEB) werden in dieser Arbeit aufwandsbedingt nicht diskutiert (s. Abb. 1, S. 8), sind aber bei Jäschke (2011a) zu finden.

5.3.2 Ergebnisse der Parameterstudien zu WI

Tab. 40: Ergebnisse der Parameterstudien zu WI.

Nähere Erläuterungen zum Aufbau der Tabelle finden sich im vorangehenden Text.

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen
	Software-Einstellungen		
1	**Max. Fehler *maxF*** *Min*	**2 dB**	**0 dB ideal 7,5×** **0,5 dB - 1,9×** **5 dB spezifisch 0,5×**

maxF > 0 dB bewirkt, dass Schallquellen, die nur einen kleinen Beitrag zum Gesamtpegel liefern, bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden. Weil maxF > 0 dB Quellen vernachlässigt, gilt stets:

- L(maxF > 0 dB) ≤ L(maxF = 0 dB), d.h. die Pegel mit maxF > 0 dB liegen nie über denen mit maxF = 0 dB

Durch maxF = 2 dB reduziert sich die Rechenzeit gegenüber einer exakten Berechnung mit maxF = 0 dB um das 7,5-fache, ohne dass nennenswerte Genauigkeitsverluste auftreten: dL$_{DEN}$ ~ 0 dB (Abb. 27, links).

Pegeldifferenzkarten:

dL$_{DEN}$ = L$_{DEN}$(2 dB) - L$_{DEN}$(0 dB) dL$_{DEN}$ = L$_{DEN}$(5 dB) - L$_{DEN}$(0 dB) Pegelklassen

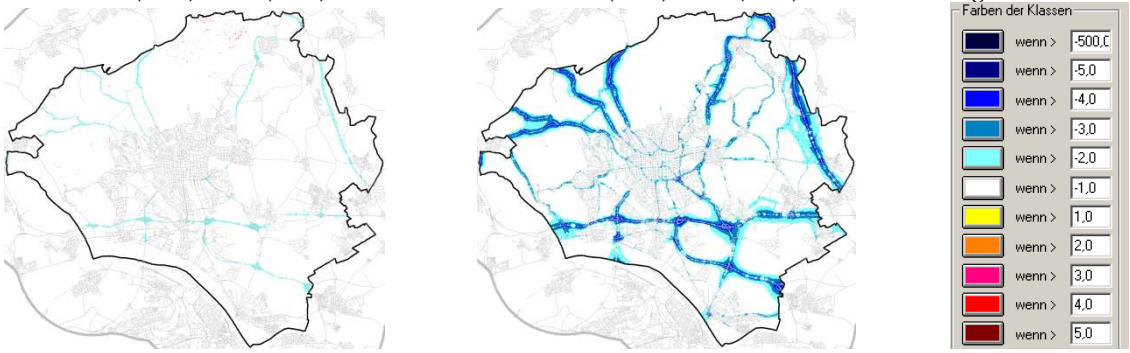


Abb. 27: Einfluss des Parameters maxF = „maximaler Fehler".

Alle blauen Farben kennzeichnen Rasterzellen mit dL$_{DEN}$ < -1 dB: Hier liegen die Pegel des Parametermodells um 1 dB oder mehr unter (deshalb das Minuszeichen bei den Pegelklassen) denen des Referenzmodells mit maxF = 0 dB, d.h. die Fehler sind dort betragsmäßig größer als 1 dB. Sie beschränken sich i. Allg. auf den Nahbereich um Straßen mit hohen DTV-Werten: **Großer Einfluss von maxF meist nur in der Nähe starker Schallquellen und dort vor allem in *un*bebauten Bereichen**. Bei maxF = 2 dB erstreckt sich der Nahbereich bis zu einer Entfernung von 50 m, bei maxF = 5 dB bis 500 m.

Eine Auswertung der insg. 325.928 berechneten Rasterpunkte ergibt für L$_{DEN}$:

	Anzahl u. Prozent der Rasterpunkte mit Pegeldifferenz dL = L(maxF) - L(0 dB) < …											
maxF	**dL < -0,5 dB**		**dL < -1 dB**		**dL < -2 dB**		**dL < -3 dB**		**dL < -4 dB**		**dL < -5 dB**	
2 dB	25.588	7,9 %	7.056	2,2 %	14	0,0 %	2	0,0 %	1	0,0 %	1	0,0 %
5 dB	117.038	35,9 %	68.958	21,2 %	29.293	9,0 %	6.900	2,1 %	405	0,1 %	24	0,0 %

[381] Anmerkungen: 1) Im Sprachgebrauch der S. 188 gilt: IP(i) mit i = 1, …, 325.928, d.h. W = 325.928. 2) Folgende Synonymie gilt: **IP = IO = Rasterpegel = RAS = Rasterpunkt = Pixel**. 3) Zu den extrapolierten Pegeln: s. Tab. 40, Nr. 3.

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen
Referenz- und Parametermodell unterscheiden sich bei maxF = 2 dB zu **97,8 %** um weniger als 1 dB. Der *mittlere* Fehler beläuft sich bei maxF = 2 dB bzw. maxF = 5 dB auf -0,14 dB bzw. -0,65 dB und liegt damit um einiges unter dem jeweilige maxF-Wert: **|dL-Mittelwert| ≪ maxF**. Die Wirkung von maxF und die tatsächlich auftretenden *mittleren* Fehler sind geeignet zu kommunizieren, um dem Vorwurf entgegenzutreten, es seien durch maxF > 0 dB bewusst fehlerhafte *und* unbrauchbare Lärmkarten berechnet worden. **Ruhige Gebiete** lassen sich selbst bei **maxF = 5 dB** noch sicher kartieren, weil die Fehler auf die straßennahen Bereiche mit den höchsten Pegeln beschränkt bleiben. Da das Ziel der Arbeit aber darin besteht, Lärmkarten zu erstellen, die auch hohe Pegel zuverlässig wiedergeben (Abb. 1, S. 8), wird **maxF = 2 dB** als brauchbarer Kompromiss angesehen: **Die Rechenzeit sinkt um den Faktor 7,5, dennoch treten kaum Fehler auf**. maxF = 5 dB würde die Rechenzeit nur noch halbieren, aber die Fehler merklich ansteigen lassen. Letztere wären für Ruhige Gebiete immer noch akzeptabel, nicht jedoch für die Belasteten nach VBEB (FAS-Pegel). Um HEplus auch dafür verwenden zu können (s. Jäschke, 2011a), kommt maxF = 5 dB nicht in Frage.			
2	**Max. Suchradius r_S** *Max*	**4.000 m**	**2.000 m** ***und maxF = 2 dB*** **0,4×** **3.000 m** ***s.o.*** **0,6×** **5.000 m** ***s.o.*** **1,9×** **6.000 m** ***s.o.*** **3,1×**
Bis zur Entfernung r_S um jeden IP werden prinzipiell (Ausnahmen bei maxF > 0 dB) alle Schallquellen für die Berechnung des Gesamtpegels L(IP) berücksichtigt. Generell liefert eine einzelne Schallquelle einen Beitrag zu L(IP), der von ihrem Emissionspegel L_{mE} und ihrer Entfernung von IP abhängt. Weil mit zunehmender Entfernung die Verluste anwachsen, gilt: Je weiter weg eine Quelle von IP liegt, desto größer muss ihr Emissionspegel sein, damit sie in IP noch einen merklichen Teilpegel zum Gesamtpegel liefern kann. Da sowohl L_{mE} als auch die Anzahl der Quellen in natürlicher Weise nach oben beschränkt sind, existiert eine Entfernung r_{max} ab der alle weiter entfernt liegenden Quellen nicht mehr berechnet werden müssen, da ihre Beiträge zu L(IP) so klein sind, dass L(IP) dadurch nicht mehr nennenswert ansteigt. Wenn man Quellen in der Entfernung $r > r_{max}$ berechnet, dann wird bloß Rechenzeit verschwendet, weil diese nur die Nachkommastellen von L(IP) ändern. Umgekehrt besteht bei $r_S < r_{max}$ die Gefahr, dass man die wahren Pegel unterschätzt, weil wesentliche Quellen fälschlich unberücksichtigt bleiben. Je wirkungsvoller die abschirmenden Hindernisse zwischen Quelle und IP, desto kleiner kann r_S gewählt werden. Wenn nur hohe Pegel von Bedeutung sind oder nur **Lärmkarten** i.S. von Tab. 42 (S. 211) zu erstellen sind, *können* folgende **Suchradien** ausreichen: • in hochverdichteten Innenstadtbereichen mit starker Blockbebauung: r_S = 1.000 m • innerhalb größerer bebauter Bereiche: r_S = 2.000 m <u>Beachte</u>: Es wird ***nicht*** **empfohlen**, diese Suchradien zu verwenden, da das Risiko von Fehlern zu groß ist. Sie kommen aber als spezifische Parameterwerte bei fehlender Rechenleistung oder/und eng abgegrenzter Fragestellung in Betracht. Im Normalfall ist mit r_S = 4.000 m zu arbeiten (s.u.). Bei Vergrößerung des Suchradius von r_{S1} auf $r_{S2} > r_{S1}$ treten bzgl. des Gesamtpegels L(IP, r_{S1}) 2 Fälle auf: a) L(IP, r_{S1}) = relativ groß, z.B. 65 dB(A) = gesundheitsgefährdende Lärmbelastung (s. Tab. 88, S. 351): Im Bereich zwischen r_{S1} und r_{S2} werden evtl. noch einige sehr starke Quellen (L_{mE} groß) zusätzlich erfasst, doch diese befinden sich in einer so großen Entfernung, dass sie in IP nur relativ niedrige Teilpegel liefern, z.B. 50 dB(A). Durch die logarithmische Pegeladdition ändert sich dann der ursprüngliche Gesamtpegel kaum noch: L(IP, r_{S2}) ~ 65 dB(A) = L(IP, r_{S1}), unverändert b) L(IP, r_{S1}) = relativ klein, z.B. 35 dB(A) = pRG35 = *hochwertiges* potentiell Ruhiges Gebiet: Wenn jetzt eine Quelle im neu hinzugenommenen Bereich einen Teilpegel von 50 dB(A) in IP erzeugt, dann erhöht sich der Gesamtpegel schlagartig auf L(IP, r_{S2}) = 50 dB(A) ≫ 35 dB(A) = L(IP, r_{S1}) <u>**Fazit 1**</u>**:** Die **Kartierung Ruhiger Gebiete stellt höchste Ansprüche an die Wahl des Suchradius r_S**: ⇨ Je hochwertiger die zu kartierenden pRGx (d.h. je kleiner x), desto größer ist r_S zu wählen <u>Beachte</u>: 1) Die systembedingten Fehler strahlenbasierter Akustik-Modelle wachsen mit r, s. Fußnote 207, S. 118 2) In HEplus weist ein 2,1 km langer Autobahnabschnitt mit **150.654 Kfz/24h** den **höchsten** aller DTV-Werte auf und stellt damit die stärkste Schallquelle dar. Unter der Annahme freier Schallausbreitung und einer unendlich langen Straße sinkt L(IP) für diesen „Worst Case"-Fall in **4.100 m** Entfernungen unter 35 dB(A) und lässt ab dort ein hochwertiges pRG35 entstehen 3) In WI tritt folgende extrem ungünstige Situation auf: Die Autobahn A3 verläuft auf ca. 8 km Länge in einer Entfernung r = 4.000-6.000 m zu einem 4,7 km² großen pRG35. Der Teilpegel des 8-km-Abschnitts geht			

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen

bei rs = 4.000 m überhaupt nicht, bei rs = 6.000 m dagegen vollständig in die Gesamtpegel des pRG35 ein. Er verändert das pRG35 so, dass sich die Gesamtpegel um max. 9 dB erhöhen, am stärksten im Kernbereich, wo sie von 21 dB(A) auf 30 dB(A) ansteigen, aber den pRG35-Charakter nicht verändern. Davon abgesehen verschlechtert sich seine Qualität um dL > 1 dB (3 dB) auf einer Fläche von 1,3 km² (0,1 km²), verkleinert es sich von 4,7 auf 4,2 km² und zerfällt in 2 Teile von 3,8 und 0,4 km². In ganz WI (204 km²) tritt nur diese eine Extremsituation auf. Ihre Auswirkungen sind gering und rechtfertigen nicht rs = 6.000 m

4) Verglichen mit rs = 6.000 m beträgt die Gesamtfläche mit Pegeldifferenzen dL = L(6.000 m) - L(rs) > 1 dB:
   - bei rs = 5.000 m: 0,0 km² ≙ 0,0 % der Gesamtfläche von 204 km², Rechenzeit: 0,62×
   - **bei rs = 4.000 m: 1,6 km² ≙ 0,8 % … … 0,32×**
   - bei rs = 3.000 m: 12,9 km² ≙ 6,3 % … … 0,20×
   - bei rs = 2.000 m: 42,0 km² ≙ 20,6 % … … 0,13×
   - bei rs = 1.000 m: 121,4 km² ≙ 59,5 % … … 0,09×

Fazit 2: rs = 4.000 m eignet sich auch unter ungünstigen Bedingungen zur Kartierung von pRGx mit x ≥ 35.
Anmerkungen: a) Die Rechenzeiten beziehen sich in 4) auf 6.000 m, in der Kopfzeile zu Nr. 2 jedoch auf den optimalen Parameterwert von 4.000 m. b) Zu den Aussagen für rs > 4.000 m: s. Fußnote 281, S. 153.

3	**Raster unter Häusern extrapolieren** *JA; Statistiken ggf. OHNE extrapolierte*	**JA**	**NEIN 1,0×**

Der Parameter sorgt für „optisch schöne" Karten und besitzt nur die beiden Werte JA und NEIN:

- Bei NEIN werden Pegel nur für die Mittelpunkte jener Rasterpunkte (= RAS = IO = IP = Pixel) berechnet, die *außerhalb* von Häusern liegen. Pixel *innerhalb* von Häusern werden nicht berechnet und erhalten einen „NoData"-Wert, der in CadnaA durch L(IP) = -88 dB(A) repräsentiert wird (s. Kap. 6.1.2, S. 212). Bei den in der vorliegenden Arbeit für die Pegelklassen verwendeten Standardfarben (s. Tab. 43, S. 214) würden diese Pegel als „graue" Pixel für Irritationen sorgen, da die benachbarten „echten" Pixel (s.u.) i. Allg. völlig andere Farben besitzen. Und bei den modifizierten Farben der Abb. 49 (S. 254) würden die Pixel „grün" eingefärbt und ein pRG35 vortäuschen.
- Bei JA wird der Pegel für einen *innerhalb* eines Hauses liegenden IP aus benachbarten Pegeln berechnet (= extrapoliert = gemittelt), die *außerhalb* des Hauses liegen, also **„echte" Pegel** sind. Dadurch liegt der extrapolierte Pegel im Bereich der „echten" Pegel und die zugehörige Rasterfläche erhält eine Farbe, die besser mit den Farben der „echten" Nachbarflächen übereinstimmt als bei dem Extremwert „-88 dB(A)" und der damit verbundenen „Extremfarbe". Das führt zu den schon erwähnten „optisch schönen" Karten

Die extrapolierten Pegel *können* statistische Auswertungen verfälschen. Die Gefahr relativiert sich allerdings durch 2 Faktoren ganz erheblich, denn es gilt:

1) Anzahl extrapolierter Pegel ≪ Anzahl echter Pegel ~ Gesamtanzahl aller berechneten Pegel
   - Anteil extrapolierter Pegel: **In WI 5,8 %** und im weniger dicht bebauten **HEplus nur 1,6 %**
2) Extrapolierte Pegel sind keine „Ausreißer", weil sie von „echten" Pegeln abgeleitet werden. Die Häufigkeits-Verteilungen der „echten" und der „extrapolierten" Pegel ähneln sich daher

Beispiel: **max. ~1 %** Abweichung in den Statistiken der Tab. 50, S. 230, s. Fußnote 419, S. 229.
Um sowohl „schöne" Karten als auch korrekte Statistiken zu erhalten, muss man die Lärmkarten mit JA berechnen und vor den statistischen Analysen alle extrapolierten Pegel wieder ausschalten, d.h. auf „NoData" setzen: siehe das Beispiel in Nr. 29.3. Ob sich der Aufwand angesichts von 1) und 2) lohnt (s.o.), ist im Einzelfall zu entscheiden. Für die Statistiken dieser Arbeit gilt:

- WI: *MIT* extrapolierten Pegeln, Ausnahme: Nr. 29.3
- HEplus: *OHNE* extrapolierte Pegel = nur mit „echten" Pegeln

4	**Rasterinterpolation** *NEIN*	**NEIN = ideal**	**JA 0,83×**

Wegen des verwendeten Interpolationsalgorithmus ergeben sich für unbebaute Gebiete noch kleinere Rechenzeiten (Vielfaches < 0,83), da diese Gebiete homogener sind als WI. Im Gegensatz zu maxF können „zufällige" Fehler in *Einzel*punkten auftreten, die jedoch höchstens sehr lokal stören. Für reine pRGx-Kartierungen ist ohne Bedenken JA wählbar. HEplus wird sicherheitshalber mit NEIN gerechnet, weil das Modell mehr leisten soll und die Rechenzeit durch JA kaum sinkt.

5	**Rasterfaktor** *Min*	**0,50**	Keine Parameterstudien. Grund: entspricht VBUS, Abschnitt 3.3.
6	**Max. Abschnittslänge**	**1.000 m**	Keine Parameterstudien.

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen
	Min. Abschnittslänge **Min. Abschnittslänge** *Min, Min, Min*	**1,0 m** **0 %**	Grund: kaum relevant, da die Abschnitte primär nach VBUS gebildet werden.
7	**Projektion von …** **… Linienquellen** **… Gelände** **bei** **Max. Abst. Quelle-IP** **Suchradius um Quelle** **Suchradius um IP** *JA, JA, Max, Max, Max,* *sinnvoll: Max = rs*	 **JA = ideal** **JA = ideal** **100 m** **50 m** **50 m**	 **NEIN 0,90×** **NEIN 0,90×** ⇨ kaum Pegeländerungen, kaum Zeitgewinn Bei (JA, JA) alternative Parametertripel: **(1.000 m, 250 m, 250 m) 6,3×** **(2.000 m, 50 m, 50 m) 14,5×** ⇨ kaum Pegeländerungen, aber erheblicher Zeitverlust Keine weiteren Varianten mit geringeren Werten untersucht, da dann gleich (NEIN, NEIN) gewählt werden kann.
8	**Min. Abschnittslänge bei Projektion berücksichtigt** *Min*	**JA**	Keine Parameterstudien. Grund: Min. Abschnittslänge von 1 m in Nr. 6 ist bereits sehr klein.
9	**Geländemodell:** **Triangulation Quellen/Gelände** **restliche Parameter** *JA/JA, NEIN*	 **JA/JA** **NEIN**	Keine Parameterstudien. Triangulation wird als genaueste Einstellung empfohlen (DataKustik, 2007). Die restlichen Parameter haben für WI bzw. HEplus keine Bedeutung.
10	**Max. Reflexionsordnung *n*** *Max*	**1**	**0 0,2×** ⇨ OK für *un*bebaute Flächen. **2 15,6×** ⇨ OK für bebaute Flächen.

n ist die maximale Anzahl an Reflexionen, die nach dem Spiegelquellenverfahren (VDI 2714, 1988) berechnet werden.

Die farbigen Rasterzellen in den ersten 4 der 5 folgenden Karten kennzeichnen Bereiche, in denen die Pegel bei n + 1 um mehr als 1 dB über jenen bei n liegen (s. „Pegelklassen für: dL_{DEN} = dL“). dL > 1 dB tritt überall dort auf, wo sich Reflektoren befinden (s. Abb. 28). Weil Gebäude beinahe die einzigen Reflektoren in WI sind, trifft dies nur für bebaute Bereiche zu – die wenigen Lärmschutzwände fallen nicht ins Gewicht und befinden sich zudem auch in bebauten Bereichen, da sie die Wohnbevölkerung schützen sollen.

Pegeldifferenzkarten:
$dL_{DEN} = L_{DEN}(n = 1) - L_{DEN}(n = 0)$ $dL_{DEN} = L_{DEN}(n = 2) - L_{DEN}(n = 1)$

Pegelklassen für:
dL_{DEN} = dL L_{DEN}: Abb. 29, re.

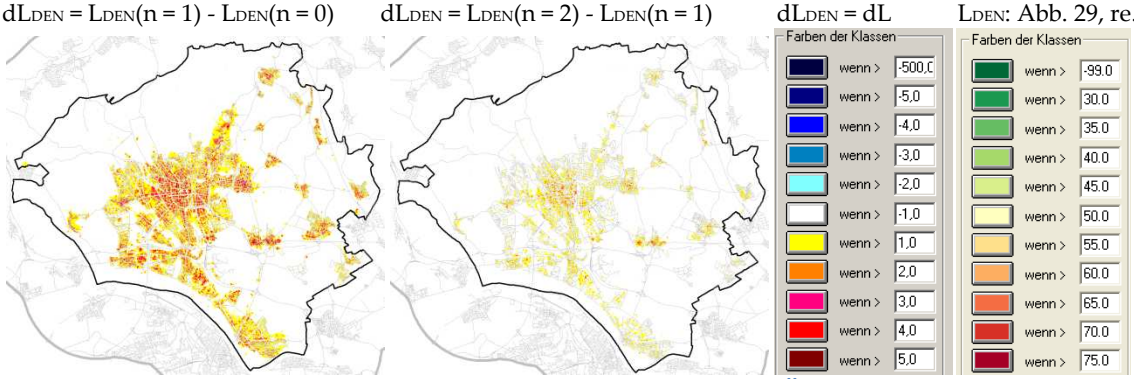


Abb. 28: Einfluss des Parameters n = „Max. Reflexionsordnung“ – Übersicht.

Befinden sich in bebauten Bereichen stark befahrene Straßen, dann gilt dort abweichend dL ~ 0 dB (s. Abb. 29). Die Straßen bleiben in den Pegeldifferenzkarten (s.u.) deshalb „weiß“, weil ihre Direktstrahlen i. Allg. schon so hohe Teilpegel in IP verursachen, dass die reflektierten Schallstrahlen aufgrund ihrer höheren Verluste den Gesamtpegel nicht anheben können.

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen

Pegeldifferenzkarten: Detail „Innenstadt“ Pegelkarte

$dL_{DEN} = L_{DEN}(n = 1) - L_{DEN}(n = 0)$ $dL_{DEN} = L_{DEN}(n = 2) - L_{DEN}(n = 1)$ $L_{DEN}(n = 1)$

Abb. 29: Einfluss des Parameters n = „Max. Reflexionsordnung“ – Detail „Innenstadt“.

Eine Auswertung der insg. 325.928 berechneten Rasterpunkte ergibt für $dL = dL_{DEN}$:

Anzahl u. Prozent der Rasterpunkte mit Pegeldifferenz $dL = dL_{DEN} = L_{DEN}(n) - L_{DEN}(n - 1)$												
n	**dL < 1 dB**		**1 ≤ dL < 2 dB**		**2 ≤ dL < 3 dB**		**3 ≤ dL < 4 dB**		**4 ≤ dL < 5 dB**		**5 dB ≤ dL**	
1	270.969	83,1 %	35.143	10,8 %	13.820	4,2 %	4.410	1,4 %	1.388	0,4 %	499	0,2 %
2	310.444	95,2 %	13.280	4,1 %	2.316	0,7 %	173	0,1 %	11	0,0 %	5	0,0 %

Dieselbe Auswertung wird für die 15 in ATKIS enthaltenen Ortslagen der Stadt Wiesbaden durchgeführt. **Ortslagen** sind eine „im Zusammenhang bebaute Fläche mit einer Ausdehnung von mindestens etwa 10 ha oder 10 Anwesen.“ (ATKIS, 2004, S. 21.01). Bei ihnen handelt es sich demzufolge um die am stärksten bebauten Bereiche des Rechengebietes – dort befinden sich deshalb auch die meisten Reflektoren. Übereinstimmend damit liegen 86 % aller Pegeldifferenzen $dL_{DEN} = L_{DEN}(n = 1) - L_{DEN}(n = 0) > 1$ dB in den Ortslagen, die definitionsgemäß eine Teilmenge der bebauten Bereiche sind.

Eine Anhebung von n = 0 auf n = 1 bzw. weiter von n = 1 auf n = 2 erhöht vor allem in *geschlossen* bebauten Bereichen (**Innenhöfen**) die Pegel um durchschnittlich 3-4 bzw. 2-3 dB und ergibt dort **weniger ruhige Gebiete**. Ungeachtet dessen können die Pegeldifferenzen zwischen Straßenseite und Innenhof auch dann noch bis zu 20 dB betragen (s.a. Fußnote 168, S. 103), d.h. die Innenhöfe bleiben ***relativ* ruhig** (bzgl. der Straßenseite) – wenn auch ***nicht absolut* ruhig**. Höhere n-Werte lassen sich aufgrund der Rechenzeiten (s.u.) nicht mehr für ganz WI, sondern nur noch für Einzelpunkte untersuchen: Laut Diplomarbeit (Jäschke, 2007) erhöhen sich die Pegel der Innenhöfe bei n = 4 gegenüber n = 2 abermals um ca. 2-3 dB, was mit Resultaten von Probst & Huber (1997) übereinstimmt. Sie konnten an einem einfachen Modell (= gerade Straße, die an einem weitgehend abgeschirmten Innenhof vorbeiführt), das nach RLS-90 gerechnet wurde, zeigen: **Bei n = 10** fallen die Pegel an etlichen IP um **10-17 dB höher** aus **als bei n = 1**. Die konkreten Pegeldifferenzen hängen stark von der Lage der IP ab und können sich über wenige Meter bereits beträchtlich ändern. Hier werden aber nicht nur schnell die hard- und softwaremäßigen Grenzen erreicht bzw. überschritten, sondern ebenso die Systemgrenzen strahlenbasierter Ausbreitungsalgorithmen (s. Kap. 1.5, S. 76).

Die Rechenzeiten in WI liegen für n = 0, n = 1 und n = 2 bei ½, 2 ½ bzw. 40 Tagen.

Für das flächenmäßig rund 100-mal größere Modell HEplus (S. 186) ergeben sich daraus in 1. Näherung (= Multiplikation mit Faktor 100) Rechenzeiten von 50, 250 bzw. 4.000 Tagen und mit dem nach Fußnote 365 (S. 186) exakteren Faktor „28,5“ immer noch 14, 71 bzw. 1.140 Tage.

Fazit 3: n > 1 ist heutzutage für großflächige Lärmkartierungen mit gängiger Hardware illusorisch, führt aber in dicht bebauten Bereichen zu eindeutig realistischeren Ergebnissen und ist daher dort anzustreben.

n = 1 ist möglich, auch wenn die oben abgeschätzten 71 bzw. 250 Tage zunächst das Gegenteil vermuten lassen. Damit wird deutlich, wie wichtig es ist, auch für alle anderen Parameter optimale Werte zu finden, um die 71 Tage merklich unterschreiten zu können. Das Ziel wird in dieser Arbeit erreicht: Der durch die Parameterstudien gefundene Satz an optimalen Parameterwerten ermöglicht es, im Standardmodell von HEplus mit einer Rechenzeit von nur noch 12,5 Tagen (statt 71) auszukommen (s.a. S. 260: Tab. 61, Zeile 17).

n = 0 reicht zur Kartierung von Ruhigen Gebieten in großflächig unbebauten Bereichen vollkommen aus.

Anmerkung 1: Nach VBUS und VBUSch ist für n = 1 mit dem Spiegelquellenverfahren (VDI 2714, 1988) zu rechnen, n > 1 ist pauschal über Mehrfachreflexionszuschläge zu berücksichtigen. Letztere werden aber in

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen
dieser Arbeit *nicht* angewandt (s. Nr. 11). Anmerkung 2: Schallpegelmesser integrieren automatisch über alle Reflexionen, weshalb gemessene (n = ∞) und berechnete (n = 1) Pegel deutlich voneinander abweichen können.			
11	**Mehrfachreflexionszuschlag D_{refl}** *(JA), besser: Spiegelquellenverfahren*	**NEIN**	**JA** ABER: höherer Modellierungsaufwand, D_{refl} nicht eindeutig definiert.
VBUS, RLS-90 usw. definieren nicht eindeutig, wann für ein Teilstück (Abschnitt) ein Mehrfachreflexionszuschlag D_{refl} zu vergeben ist und wann nicht. Dies bleibt dem Anwender der Vorschriften bzw. dem Programmierer der Software vorbehalten (s.a. Kap. 4.2, S. 137). Die CadnaA-Implementation bewirkt, dass in Bezug auf die Gesamtlänge aller Straßen im Rechengebiet von WI **bloß 3,2 %** der Straßen*längen* **einen Zuschlag** $D_{refl} > 0$ dB(A) erhalten, **2,5 %** gleich den **Maximalwert von 3,2 dB(A)** – beide Male „3,2" ist kein Schreibfehler, sondern Zufall. Der Maximalwert stimmt mit der in Nr. 10 für den Übergang von n = 1 auf n = 2 festgestellten Erhöhung von 2-3 dB bei weitgehend geschlossener Bebauung gut überein. Höhere Reflexionsordnungen vermag D_{refl} dagegen nicht abzubilden. NEIN ist kompatibel zur Lärmkartierung Hessen 2007, die ebenfalls keine Mehrfachreflexionen enthält. **Fazit 4:** Angesichts der definitorisch bedingten „Willkür", des insgesamt eher geringen Einflusses von maximal 3,2 dB(A), des höheren Modellierungsaufwandes und aus Gründen der Kompatibilität zur Lärmkartierung Hessen 2007 werden in dieser Arbeit Mehrfachreflexionszuschläge nicht berücksichtigt – weder bei VBUS noch VBUSch. Für Ruhige Gebiete ist D_{refl} generell irrelevant – wegen seiner kleinen Werte in bebauten Bereichen und erst recht in unbebauten, wo stets D_{refl} = 0 dB(A) gilt. Wenn es die Rechenzeiten erlauben, sind Mehrfachreflexionen n ≥ 2 nach dem Spiegelquellenverfahren zu berechnen.			
12	**Reflektor-Suchradius …** **… um Quelle** **… um IP** **Max. Abstand Quelle-IP** **Min. Abstand IP-Reflektor** **Interpoliere ab/bis** **Min. Abstand Quelle-Refl.** *Max, Max, Max, Min, -/-, Min*	 **100 m** **100 m** **1.000 m** **1 m** **1.000 m/1 m** **0,1 m**	Bestimmt, welche Reflektoren bei n ≥ 1 berücksichtigt werden. Alternative Werte (erste 3 Parameter): **(50 m, 50 m, 100 m) 0,6×** ⇨ Pegel nur in bebauten Bereichen um 1-3 dB niedriger **(250 m, 250 m, 500 m) 1,8×** ⇨ fast 60 % der Pegel erhöhen sich, aber nur 1,4 % um mehr als 1 dB Die restlichen Werte ergeben sich z.T. aus den ersten 3 bzw. sind ausreichend genau, daher: keine Parameterstudien.
13	**Rechenvorschrift** *VBUS für END*	**VBUS**	**RLS-90 1,0×**
In Deutschland sind gesetzlich vorgeschrieben: die VBUS zur Lärmkartierung nach END, dagegen die RLS-90 für Zulassungsverfahren (S. 86). Eine *exakte* Umrechnung von Ergebnissen der einen in die andere Rechenvorschrift ist aus mehreren Gründen nicht möglich (s. aber die Näherungen auf S. 108: Glch. (2.1)-(2.3)): a) Die RLS-90 verwendet eine etwas andere Lkw-Definition (ab 2,8 statt 3,5 t) und andere Lkw-Anteile b) Zuschläge von 1-3 dB für lichtzeichengeregelte Kreuzungen nur in RLS-90, nicht in VBUS c) RLS-90-Berechnungen basieren ausschließlich auf Realwerten: reale DTV-Werte, Haushöhen, Straßenbeläge, Einwohnerverteilungen usw. – VBUS-Berechnungen oft auf einem Mix aus Real- u. Pauschalwerten d) RLS-90 und VBUS benutzen grundlegend andere mathematisch-physikalische Schallausbreitungsmodelle e) Andere Pegelgrößen wie z.B. L_{DEN} statt $L_{16h\text{-}Tag}$, s. Sundermann (2006) u. Bartolomaeus & Schade (2006b) Lässt man a-c) *un*berücksichtigt und stellt lediglich in dem „VBUS"-Modell die Berechnungsvorschrift auf „RLS-90" um, dann ergeben sich die Pegeldifferenzkarten der Abb. 30 für Tag (D) und Nacht (N). Während darin in den „weißen" Bereichen VBUS und RLS-90 nahezu übereinstimmen, liegen ansonsten die VBUS-Pegel immer über den RLS-90-Pegeln. Am Tag treten Differenzen |dL| > 1 dB fast flächendeckend auf – meist 2-3 dB, max. 15 dB. In der Nacht kommt es dagegen zu deutlich geringeren Differenzen. Viele **Lärmaktionspläne** der 1. Stufe (z.B. RP-DA, 2010; RP-GI, 2010; RP-KS, 2010) decken einen sehr kleinen Anwendungsbereich ab: 1) nur FAS-Pegel – nicht RAS-Pegel 2) nur hohe Pegel L_{DEN}/L_N > 65/55 oder > 70/60 dB(A) – nicht die mittleren u. niedrigen Pegel			

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen

3) nur stark befahrene Straßen (ca. 6 %) – nicht alle Straßen (100 %)

Wenn man für *ganz* Hessen *sämtliche* FAS-Pegel mit *allen* Straßen berechnet (= DTV0 in HEplus, s. Jäschke, 2011a, 2011c), dann zeigt sich:

- L_{DEN}/L_N(FAS) > 65/55 dB(A) beschränkt sich *meistens* auf die **1. Hausfronten** (= Straßenbereich, s. Nr. 29.3)
- Für die 1. Hausfronten gilt: L_D(VBUS) = $L_{16h\text{-}Tag}$(RLS-90) + dL mit **0 ≤ dL < 2 dB**; analog für N u. 8h-Nacht

⇨ L_D(VBUS) ~ $L_{16h\text{-}Tag}$(RLS-90) als gute Näherung für Lärmaktionspläne im Bereich L_{DEN}/L_N > 65/55 dB(A)

Fazit 5: Für die bisher gängigen Lärmaktionspläne gilt: **VBUS ~ RLS-90**, d.h. **VBUS und RLS-90 liefern akustisch fast identische Ergebnisse**. Dennoch schreiben die Lärmschutz-Richtlinien-StV (2007) explizit Berechnungen nach RLS-90 vor, wenn es um die Beurteilung straßenverkehrsrechtlicher Maßnahmen nach § 45 StVO geht – eine akustisch überflüssige und auch juristisch strittige Forderung (s.S. 86).

Pegeldifferenzkarten:

dL = L_D(VBUS) - $L_{16h\text{-}Tag}$(RLS-90) dL = L_N(VBUS) - $L_{8h\text{-}Nacht}$(RLS-90) Pegelklassen

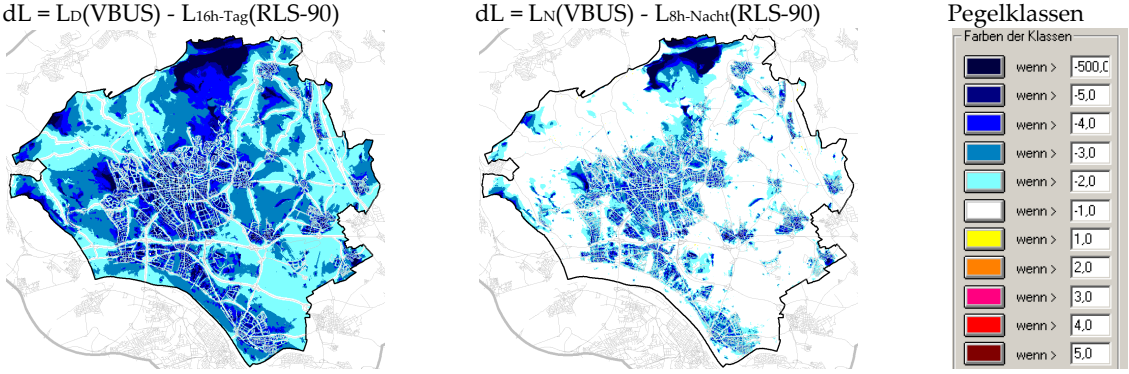


Abb. 30: Einfluss des Parameters „Rechenvorschrift": VBUS ⇔ RLS-90, n = 1 und maxF = 0 dB.

Wird der gesamte Pegel- und Entfernungsbereich (= ganz WI) betrachtet, dann weisen VBUS und RLS-90 insg. starke Unterschiede auf, vor allem in großer Entfernung von Schallquellen. Eine ausführliche Diskussion beider Verfahren liefern Sundermann (2006) und Bartolomaeus & Schade (2006b).

In HEplus wird ausschließlich nach den END-Methoden VBUS, VBUSch und VBUF kartiert.

14	**IP-Höhe h** *4 m,* *nach Anhang I der END:* *h ≥ 1,5 m zulässig*	**4 m**	**2 m** **1,0×**

Menschen, die sich im Freien – z.B. in Ruhigen Gebieten – aufhalten, nehmen Schall *nicht* in h = 4 m wahr, sondern je nach Aktivität in niedrigeren Höhen h < 4 m:

- auf Wiese liegend: h ~ 0,1 m
- auf Parkbank sitzend: h ~ 1,0 m
- im Gehen/Stehen: h ~ 1,8 m

Vom unmittelbaren Nahbereich (< 20 m) der Quellen abgesehen, fallen die Pegel bei h = 1,8 m etwas kleiner aus als bei h = 4 m. Mit zunehmender Höhe h treten 2 gegenläufige Effekte auf: 1) Pegelzunahme, weil die Bodendämpfung abnimmt und immer weniger Hindernisse abschirmend wirken können und 2) Pegelabnahme, weil der Abstand Quelle-IP mit h anwächst. HEplus verwendet durchweg h = 4 m (END-konform).

15	**Rasterweite Rw** *Min*	**10 m**	Die Parameterstudien werden mit HEplus wiederholt und in Kap. 6.4 (S. 235) diskutiert für Rw = 2 m, 5 m, 10 m, 25 m, 50 m, 100 m, 200 m, 500 m und 1.000 m.
16	**Kachelgröße (PCSP)** **-**	**4.000 m**	**20.000 m** **k.A.** Bei zu kleinen Werten dauert das Öffnen der (vielen) kleinen „Kacheldateien" länger als deren Berechnung.
17	**Multithreading** *JA, stets alle Prozessoren u. Kerne*	**JA, 8 Kerne**	**1 Kern** **8,0×** Je mehr Kerne, desto kleinere Rechenzeiten.

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen
	Geometrische Vereinfachungen		
18	**DGM** *so genau wie möglich,* *nicht ausgedünnt*	**JA, *vereinfachen*:** **25-m-BKG-DGM,** **ausgedünnt: 2 m**	**25-m-Standard-DGM, unverändert 4,0×** **5-m-Standard-DGM, unverändert 112,4×** **5-m-Standard-DGM, ausgedünnt: 2 m 8,4×**

Das 25-m-Standard-DGM (S. 154) , ausgedünnt mit 2 m Genauigkeit (S. 161), wird verglichen mit:

a) 5-m-Standard-DGM, unverändert ⇨ **dL > ±3 dB (±1 dB)** gilt für **0,3 % (6,1 %)** der Pegel

b) 25-m-Standard-DGM, unverändert ⇨ dL > … … **0,01 % (1,1 %)** …

Pegeldifferenzkarten:

a) dL = L_{DEN}(25-m, 2 m ausg.) - L_{DEN}(5-m) b) dL = L_{DEN}(25-m, 2 m ausg.) - L_{DEN}(25-m) Pegelklassen

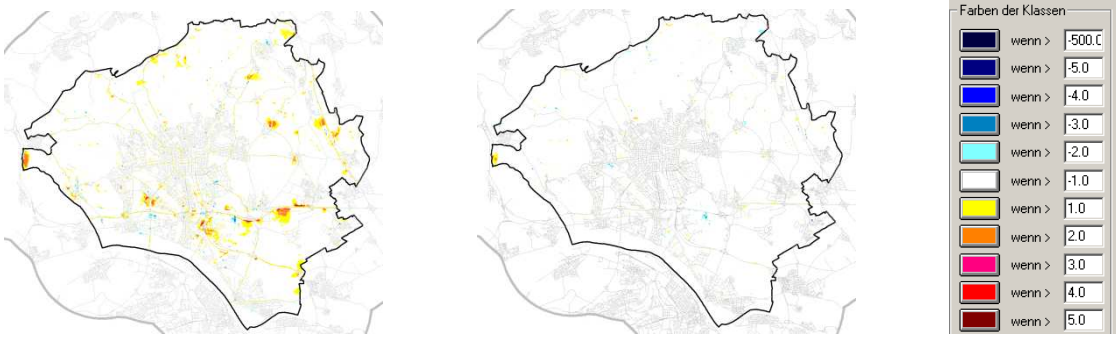


Abb. 31: Einfluss des Parameters „DGM".

Fazit 6: Hochgenaue DGM beeinflussen die Pegel kaum, lassen aber die Rechenzeiten „explodieren".
In HEplus wird daher „25-m-Standard-DGM, ausgedünnt: 2 m" gewählt – eine gut begründete Ausnahme von Strategie S2 (= solange wie möglich mit Originaldaten arbeiten, s. Tab. 21, S. 125).
Anmerkung 1: Hochgenaue DGM (DGM5 und besser) stehen für Hessen zum Zeitpunkt der Erstellung von HEplus (2008) nicht flächendeckend zur Verfügung. Eine dazu erforderliche Laserscan-Befliegung wurde erst 2009 gestartet und wird nicht vor 2012 abgeschlossen sein (HLBG, 2011b).
Anmerkung 2: Der eigentliche Nutzen einer Laserscan-Befliegung für die Lärmkartierung besteht nicht im hochgenauen DGM, sondern in den dadurch erhaltenen realen (exakten) Haushöhen h_{real} (s. Nr. 29).
Anmerkung 3: Hochgenaue DGM können Akustik-Modelle *lokal* verbessern, weil sie kleinflächige Dämme, Einschnitte, Brücken und ggf. sogar Lärmschutzwände realistisch abbilden. Besteht das Ziel jedoch darin, hochwertige und großflächige Lärm- und Ruhekarten zu erstellen (Abb. 1, S. 8), dann sind lokale Effekte nahezu bedeutungslos (Pareto-Prinzip: S1 in Tab. 21, S. 125).

19	**Gebäudegeometrie** **Gebäude < x m² löschen** *NEIN, NEIN*	**NEIN** **NEIN**	- **x = 40 0,7×** In 97 % der Fälle gilt: dL < 1 dB. Die Rechenzeit sinkt nur leicht. In HEplus: Originaldaten werden beibehalten.
20	**Straßengeometrie** *NEIN*	**NEIN**	Originaldaten werden beibehalten.
21	**Regelquerschnitt RQ** *reale Straßenbreiten*	**JA, *vereinfachen*** ***= alle „RQ 3,5"***	Selbst bei „RQ 29" gilt: dL ≤ ~2 dB und das nur bis 20 m Entfernung von der Straße.
22	**Lärmschutzwände LSW** *NEIN*	**NEIN**	Keine Parameterstudien. Originaldaten beibehalten.

Sämtliche Original-LSW der Lärmkartierung Hessen 2007 werden unverändert übernommen, obwohl Eingangskontrollen ergeben, dass die Lage der LSW z.T. fehlerhaft ist. Korrekturen sind aber mangels Daten und zu hohem Erhebungsaufwand nicht möglich. So ist HEplus wenigstens kompatibel zur Lärmkartierung Hessen 2007.

23	**Schienengeometrie** *NEIN*	**NEIN**	Keine Parameterstudien. Originaldaten beibehalten.

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen
24	**alle Objekte auf DGM legen** *absolute Objekthöhen nutzen*	**JA** **= *vereinfachen***	Keine Parameterstudien. Grund: Absolute Höhen existieren für keine Objektart (s.a. Nr. 29).
25	**Tunnel und Brücken** *berücksichtigen*	**JA** **= *nicht* berücks.**	Nur lokale Effekte. Tunnel: in HEplus untersucht, s.S. 306
26	**Einschnitte und Dämme** *berücksichtigen*	**JA** **= *nicht* berücks.**	Nur lokale Effekte.
27	**Gebäude außerhalb Hessens** *berücksichtigen*	**JA** **= *nicht* berücks.**	**NEIN = berücks.** **~1,0×**
Um den Fall zu simulieren, werden alle Gebäude außerhalb von ReG (= Stadt Wiesbaden) gelöscht. Da außerhalb von Hessen (hier: im angrenzenden Rheinland-Pfalz bzw. Mainz) sowieso keine Gebäude vorliegen, ändert sich im Parametermodell nur die Situation im hessischen Teil von MoG, der nicht gleichzeitig ReG ist. Mit dem Löschen der Gebäude fällt die Abschirmung weg und die Pegel erhöhen sich. Bemerkbar macht sich das aber nur dort, wo größere Gebäudeansammlungen (z.B. ein Nachbardorf) unmittelbar an der ReG-Grenze liegen. Die Auswirkungen (= Pegeländerungen) beschränken sich auf die grenzparallele Länge der Gebäudeansammlung und besitzen daher **nur lokale Bedeutung**. Damit ist es legitim, für HEplus auf eine aufwändige Beschaffung digitaler Gebäudedaten aus den Nachbarländern zu verzichten (s.S. 144).			
28	**LSW außerhalb Hessens** *berücksichtigen*	**JA** **= *nicht* berücks.**	Nur lokale Effekte und die nur dann, wenn LSW direkt an der Grenze zu HEplus liegt. Verfügbarkeit u. Aufwand wie in Nr. 27.
	Attributive Vereinfachungen		
29	**Gebäudehöhe h** *reale Höhen*	**JA** ***= alle 8 m***	**reale Höhen h_{real}** **1,0×**

Für Hessen gibt es keine Daten mit realen Gebäudehöhen h_{real} (s. Nr. 18, Anmerkung 2 und S. 144). Deshalb muss HEplus zwangsläufig mit pauschalen Gebäudehöhen $h_{pauschal}$ aufgebaut werden. Angesichts der nachfolgenden 3 Fälle ist mit 2 Arten von Fehlern zu rechnen (s. Abb. 32: 3 Farben = 3 Fälle = Nr. 1-3):

1) $h_{real} < h_{pauschal}$ ⇨ Gebäude schirmt in Realität *weniger* ab als in HEplus ⇨ Pegel in Realität *größer* ⇨ rot
2) $h_{real} = h_{pauschal}$ ⇨ Gebäude schirmt in Realität wie in HEplus ab ⇨ Pegel identisch ⇨ grün
3) $h_{real} > h_{pauschal}$ ⇨ Gebäude schirmt in Realität *mehr* ab als in HEplus ⇨ Pegel in Realität *kleiner* ⇨ blau

Anmerkung 1: Die „Pegelaussage" gilt nur für die Pegeleffekte des einzelnen Gebäudes.
Anmerkung 2: Mit „Realität" ist hier das realistischere Parametermodell gemeint, nicht die von einem Menschen wirklich wahrgenommene Gesamtsituation („Soundscape", s. Kap. 2.3.6, S. 99).
WI bietet die Chance, den Einfluss der Gebäudehöhe auch quantitativ zu untersuchen, weil hier für ReG (Abb. 32, schwarz) reale Gebäudehöhen h_{real} aus einer Laserscan-Befliegung der Stadt Wiesbaden vorliegen (S. 159). Damit lassen sich folgende 2 Modelle miteinander vergleichen:

- WI-Standardmodell: alle Gebäuden in MoG: $h_{pauschal}$ = 10 m
- WI-Parametermodell: alle Gebäude *außerhalb* ReG: $h_{pauschal}$ = 10 m (Abb. 32, grün), alle *in* ReG: $\mathbf{h_{real}}$

Außerhalb Hessens sind beide Modelle identisch, weil dort alle Gebäude fehlen (Abb. 32, grau, s.a. S. 144).

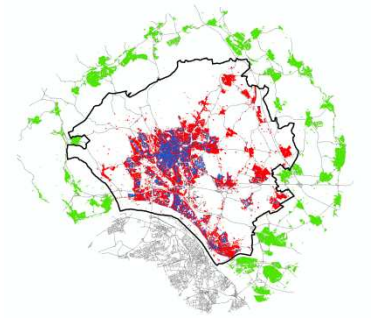
29.1 Räumliche Verteilung der *Höhen*differenzen zwischen h_{real} und $h_{pauschal}$ = 10 m

Abb. 32 teilt die Gebäude zunächst danach auf, ob sie außerhalb (grau) oder innerhalb (farbig) von Hessen liegen, wobei außerhalb die Lage potentieller Gebäude ersatzweise durch Straßen symbolisiert wird. Dann werden für die Gebäude innerhalb Hessens h_{real} und $h_{pauschal}$ verglichen und die räumliche Verteilung der obigen Fälle 1)-3) dargestellt, d.h. jedes Gebäude entsprechend rot, grün oder blau eingefärbt (s. Legende).
Die Höhendifferenzen verteilen sich systematisch auf 2 Schwerpunkte:

- rot = Vororte: h_{real} < 10 m, Ursache: 1-2-geschossige Gebäude, Einzelhäuser ⇨ h_{real} ~ 5-7 m
- blau = Innenstadt: h_{real} > 10 m, Ursache: 4-5-geschossige Altbauten, Blockbebauung ⇨ h_{real} bis 20 m

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen

Gebäudehöhen-Differenzkarte:
Vergleich von h_{real} mit $h_{pauschal}$



Gebäudeklassen (Legende)

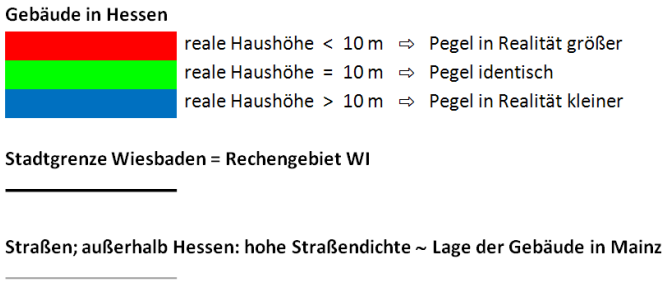
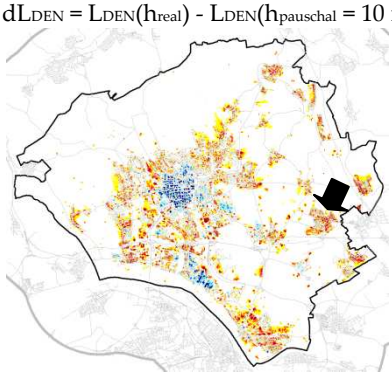


Abb. 32: Vergleich der Gebäudehöhen h_{real} und $h_{pauschal}$ = 10 m für Wiesbaden.

29.2 Räumliche Verteilung der *Pegel*differenzen zwischen $L_{DEN}(h_{real})$ und $L_{DEN}(h_{pauschal} = 10\ m)$
Wie nicht anders zu erwarten, korrespondieren mit den farbigen Höhendifferenzen der Abb. 32 die farbigen Pegeldifferenzen der Abb. 33.

Pegeldifferenzkarten:
$dL_{DEN} = L_{DEN}(h_{real}) - L_{DEN}(h_{pauschal} = 10\ m)$



Ausschnitt: Innenstadt = grün

Pegelklassen

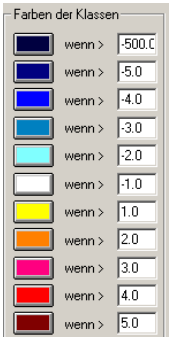


Abb. 33: Einfluss des Parameters „Gebäudehöhe".

Im grün umrandeten Ausschnitt der **Innenstadt**, der durch h_{real} ~ 20 m charakterisiert ist, gilt in ***Innenhöfen***:
$dL_{DEN} = L_{DEN}(h_{real}) - L_{DEN}(h_{pauschal} = 10\ m) < -5$ dB oder umgeformt: $L_{DEN}(h_{real}) < L_{DEN}(h_{pauschal} = 10\ m) - 5$ dB.
<u>**Fazit 7**</u>: Mit realen Gebäudehöhen $\mathbf{h_{real}}$ wird die Innenstadt um **mehr als 5 dB „ruhiger"** als mit pauschalen Gebäudehöhen. Das gilt erst recht für HEplus, das $h_{pauschal}$ = 8 m < 10 m verwendet und daher noch „weniger Abschirmung" als WI enthält.
<u>Anmerkung</u>: Aus dem vorstehenden Fazit darf *nicht* geschlussfolgert werden, dass die Pegel der Innenstädte (genauer: der Innenhöfe) in HEplus um mehr als 5 dB unter den *wahren* Pegeln liegen. Letztere würden sich aus einem Akustik-Modell ergeben, das für *alle* Parameter *ideale* Werte verwendet und nicht nur für den hier diskutierten einen Parameter „Gebäudehöhe". Ideale Werte für die Reflexionsordnung (Nr. 10) bewirken aber genau den *umgekehrten* Effekt: die **Innenhöfe** werden **„lauter"**.

- Fehler durch $h_{pauschal}$ statt h_{real} werden aufgrund *gegenläufiger* Fehler durch n = 1 statt n ≫ 1 reduziert

⇨ Innenhof-Pegel werden realistischer, weil sich dort **2 gegenläufige Fehler** *teilweise* **kompensieren**

29.3 Statistische Auswertungen
Gebäudehöhen und Pegeldifferenzen werden jetzt für folgende 3 Bereiche ausgewertet:

1)	ReG = Stadt Wiesbaden insgesamt	=	Abb. 33, schwarz	=	„Wiesbaden"	in Tab. A, Nr. 1
2)	Innenstadt-Ausschnitt	=	Abb. 33, grün	=	„Detail: Innenstadt"	in Tab. A, Nr. 2
3)	Nordenstadt, an der A66 gelegen	=	Abb. 33, Pfeil	=	„Detail: Nordenstadt"	in Tab. A, Nr. 3

Um exakte Statistiken zu erhalten, werden keine „unter Häusern extrapolierte Pegel" verwendet (s. Nr. 3).
<u>Legende</u>: • h_{Mittel}-Berechnung: Multipliziere (gewichte) h_{real} mit der Grundfläche A des Gebäudes
• $dL_{DEN} = L_{DEN}(h_{real}) - L_{DEN}(h_{pauschal} = 10\ m)$, RAS-Pegel; Pegel in dB(A), Pegeldifferenzen in dB

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen

- St.abw. = Standardabweichung = 1 × σ
- „Mittel" = arithmetischer Mittelwert von L_{DEN} bzw. dL_{DEN}, wenn mit h_{real} gerechnet wird

Tab. A: Statistik der Gebäudehöhen:

Nr.	Bereich	h_{Mittel} ± St.abw.	Prozent der Gebäude mit … h ≤ 10 m	h > 10 m	h > 15 m	dL_{Mittel} ± St.abw.	$L_{Mittel}(h_{real})$ ± St.abw.
1	Wiesbaden	**8,38 m ± 5,42 m**	87,6 %	12,4 %	3,6 %	+0,4 ± 1,1	57,6 ± 10,4
2	Detail: Innenstadt	13,73 m ± 6,90 m	52,4 %	47,6 %	**30,9 %**	-1,6 ± 2,4	62,7 ± 11,5
3	Detail: Nordenstadt	6,64 m ± 3,05 m	97,8 %	2,2 %	0,3 %	+1,6 ± 1,9	64,4 ± 5,6

Die mittlere Gebäudehöhe in „Wiesbaden" beträgt **8,38 m ± 5,42 m**. In der Innenstadt sind die Gebäude im Mittel 5,35 m höher und etwa doppelt so hoch wie in Nordenstadt, einem typisch „ländlichen" Vorort, wo sie den Mittelwert um 1,74 m unterschreiten. Da Nordenstadt direkt an der A66 liegt, nimmt L_{Mittel} dort den höchsten Wert an, und die Verteilung von $L_{DEN}(h_{real})$ weist die geringste Streuung (St.abw.) auf. „Wiesbaden" besitzt einen *relativ* niedrigen Wert von 57,6 dB(A), weil in den Mittelwert auch die RAS-Pegel der großen Freiflächen (z.B. des Stadtwaldes) einfließen, wo sehr niedrige Werte von bis zu 21 dB(A) den Mittelwert „nach unten ziehen" (s. Nr. 2: „Beachte 2)"). *Absolut* gesehen sind alle 3 Mittelwert als *hoch* einzustufen (vgl. S. 351: Tab. 88 und Kap. 2.4, S. 107).
Anmerkung 1: Anzahl der Gebäude in den 3 Bereichen: 117.932 (100 %), 5.153 (4,4 %) und 7.220 (6,1 %).
Anmerkung 2: Werden die Gebäudehöhen *nicht* mit der Fläche A gewichtet, so ergeben sich für Wiesbaden, Innenstadt und Nordenstadt die folgenden Zahlen: **5,85 m ± 4,04 m**, 10,20 m ± 6,74 m und 5,02 m ± 2,53 m.
Anmerkung 3: Werden kleine Gebäude – Grundfläche A < 40 m² – nicht berücksichtigt, so ändern sich die Zahlen der Tab. A nur geringfügig: **8,77 m ± 5,43 m**, 14,07 m ± 6,78 m und 6,96 m ± 2,98 m bzw. *ohne* Gewichtung mit der Grundfläche für Wiesbaden (Nr. 1): **7,81 ± 4,25 m**.
Anmerkung 4: $L_{Mittel}(h_{pauschal}$ = 8 m, DTV0, Rw = 10 m) = 56,6 dB(A), **nur 1 dB niedriger**, s. Anhang, S. 370

Tab. B1: Statistik der Pegeldifferenzen dL_{DEN}, wenn $h_{pauschal}$ = 10 m

Nr.	Bereich	Prozent der Raster mit Pegeldifferenz $dL_{DEN} = L_{DEN}(h_{real}) - L_{DEN}(h_{pauschal} = 10\ m)$ dL ≤ -5	-5 < dL ≤ -3	-3 < dL ≤ -1	-1 < dL ≤ 1	1 < dL ≤ 3	3 < dL ≤ 5	5 < dL
1	Wiesbaden	0 %	0 %	1 %	**87 %**	8 %	2 %	1
2	Detail: Innenstadt	**15 %**	**10 %**	**8 %**	65 %	1 %	0 %	0 %
3	Detail: Nordenstadt	0 %	0 %	1 %	53 %	**30 %**	**11 %**	**6 %**

Tab. B2: Statistik der Pegeldifferenzen dL_{DEN}, wenn $h_{pauschal}$ = 8 m

Nr.	Bereich	Prozent der Raster mit Pegeldifferenz $dL_{DEN} = L_{DEN}(h_{real}) - L_{DEN}(h_{pauschal} = 8\ m)$ dL ≤ -5	-5 < dL ≤ -3	-3 < dL ≤ -1	-1 < dL ≤ 1	1 < dL ≤ 3	3 < dL ≤ 5	5 < dL
1	Wiesbaden	1 %	1 %	3 %	**91 %**	4 %	1 %	0 %
2	Detail: Innenstadt	**24 %**	**12 %**	**22 %**	41 %	1 %	0 %	0 %
3	Detail: Nordenstadt	0 %	0 %	5 %	68 %	**21 %**	**4 %**	**2 %**

Tab. B1 (Tab. B2 wird erst in Nr. 29.4 diskutiert) verdeutlicht quantitativ die Zusammenhänge zwischen den Gebäudehöhen und Pegeln bzw. Pegeldifferenzen. Letztere beruhen darauf, dass mit der Gebäudehöhe die Abschirmung zu- und die Pegel folglich abnehmen. Da in Wiesbaden die mittlere Gebäudehöhe mit 8,38 m unter der Pauschalhöhe von 10 m liegt – es gilt: 8,38 m = h_{mittel} < $h_{pauschal}$ = 10 m –, werden im Pauschalhöhen-Modell im Mittel häufiger niedrigere Pegel ausgerechnet als im Realhöhen-Modell. Das führt dazu, dass dL = dL_{DEN} = $L_{DEN}(h_{real})$ - $L_{DEN}(h_{pauschal}$ = 10 m) > 0 dB überwiegt, in Übereinstimmung mit Tab. B1 (Nr. 1). Auch wenn im Realhöhen-Modell jeder Pegel ein bisschen falsch ist – da fast immer $h_{real} \neq h_{pauschal}$ –, so bleiben **in 87 %** der Fälle die **Fehler unter 1 dB**. Für eine *strategische* Lärmkartierung (HEplus) wäre das akzeptabel.
Anmerkung 4: In der Innenstadt ist der Anteil merklicher Pegeldifferenzen dL < -5 dB mit 15 % zwar *relativ* groß. Bezogen auf ganz Wiesbaden fällt hingegen die geringe *absolute* Anzahl mit 527 (= 0,15 × 3.514) i. Vgl. zu den insg. 325.928 (100 %) RAS-Pegeln kaum auf. Sie machen gerade mal 0,2 % der Gesamtraster aus.
In der **Innenstadt** ist es bei h_{real} *nicht flächendeckend* leiser als bei $h_{pauschal}$ = 10 m, wie die weißen Flächen in Abb. 33 und die Tabellen A) und B) zeigen. Zwei Teilbereiche sind zu unterscheiden (s.a. Nr. 10 und 29.5):

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen

1) **Straßenz*u*gewandte Bereiche = Straßenbereiche = Straßenseiten**: Hier dominiert sowohl bei h_{real} als auch $h_{pauschal}$ der Direktschall, wodurch L_{DEN} unabhängig von der Gebäudehöhe ist (Nr. 29.5, Tab. C, Nr. 2 u. 3: Spalten „Straßenseite"). Das trifft auch für die Fassadenpegel nach VBEB zu, weshalb jene Belastetenzahlen, die an den straßenseitigen Fassaden ermittelt werden, bei h_{real} und $h_{pauschal}$ in dieselbe Pegelklasse fallen. Die Gebäudehöhe bleibt hier ohne Einfluss

Fazit 8: Lärmaktionsplanungen im Bereich L_{DEN} > 65 dB(A) benötigen *keine realen* Gebäudehöhen

- Grund: So hohe FAS- und RAS-Pegel werden *i. Allg.* nur vom Direktschall der unmittelbar vor einem Gebäude liegenden Straße verursacht und der hängt *nicht* von den Gebäudehöhen ab
- Eine Lärmaktionsplanung im Bereich L_{DEN}(FAS oder RAS) > 65 dB(A) beschränkt sich i. Allg. auf die **1. Hausfronten** (= Straßenbereiche, s. Nr. 14); s.a. „Fazit 9" in Nr. 29.5

2) **Straßen*ab*gewandte Bereiche = Rückseiten = Innen*höfe***: In der Innen*stadt* gilt: h_{real}(viele Gebäude) ~ 20 m > h_{Mittel}(Innenstadt) = 13,73 m > 8,38 m = h_{Mittel}(Wiesbaden), d.h. dort sind die Gebäude im Mittel ca. 5 m höher als in Wiesbaden üblich und viele einzelne Gebäude liegen nochmals ca. 6 m über den schon hohen mittleren Innenstadthöhen. Die damit einhergehende starke Abschirmung sorgt dafür, dass in den Innen*höfen* L_{DEN} um etwa 6-8 dB niedriger ausfällt als bei $h_{pauschal}$ = 10 m (s. Nr. 29.5, Tab. C, Nr. 3 als Näherung)

Anmerkung 5: Nr. 2) gilt nicht, wenn Einzelhausbebauung vorherrscht, s. Nr. 29.4.

Anmerkung 6: Die **VBEB** empfiehlt, Fassadenpunkte (FAS) in einem Abstand von 0,1 m vom Gebäude zu platzieren. Die FAS liegen damit bedeutend näher am Gebäude als die in „zufälligen" Abständen verteilten Rasterpegel (RAS). Dadurch fallen die FAS-Pegel bei h_{real} noch niedriger aus als die oben diskutierten RAS-Pegel, und die Belasteten der Innenhof-Fassaden werden in END-Pegelklassen (5 dB-Breite) einsortiert, die 2-3 Klassen (10-15 dB) niedriger sind als bei $h_{pauschal}$. Umgekehrt bedeutet das für HEplus: Aufgrund von $h_{pauschal}$ = 8 m < 10 m (s. Nr. 29.4) werden die Belastungen in den Innenhöfen um mehr als ca. 10-15 dB und damit noch stärker überschätzt. Rein qualitativ kann dies als ein gewisser Ausgleich für die vernachlässigten Reflexionen höherer Ordnung ($n \geq 2$) angesehen werden. Diese würden nämlich die Pegel bei n = 4 gegenüber n = 1 um 4-6 dB erhöhen, bei n > 4 in Einzelfällen sogar um bis zu 17 dB (s. Nr. 10).

29.4 Herleitung eines plausiblen Pauschalwertes $h_{pauschal}$ für HEplus anhand von h_{real} in WI

Für Hessen existieren keine realen Gebäudehöhen. Deshalb *muss* in HEplus mit $h_{pauschal}$ gearbeitet werden. Ein eindeutig geeigneter Pauschalwert lässt sich aus den Daten nicht ableiten. Die Mittelwerte der Tab. A (Nr. 29.3) und zusätzliche Analysen von h_{real} innerhalb der 15 Ortslagen von Wiesbaden – insb. jener, die keinen so ausgeprägten Innenstadtcharakter aufweisen und daher als repräsentativ(er) für HEplus angesehen werden können – führen zu folgenden **Kernaussagen**:

- mittlere Gebäudehöhe in Wiesbaden (WI) = $\mathbf{h_{Mittel} = 8{,}38\ m \sim 8\ m \overset{def}{=} h_{pauschal}}$, s. Nr. 29.3
- Standardabweichung relativ groß ⇨ Höhen verteilen sich über einen großen Wertebereich ⇨ **h_{real} nötig**

Die Gebäudehöhen durch $h_{pauschal}$(HEplus) = 8 m gegenüber $h_{pauschal}$(WI) = 10 m um 2 m abzusenken, erscheint plausibel, weil die in Tab. B1 durch Nr. 1 gegebene Verteilung der Gebäudehöhen rechtsschief ist: i. Vgl. zu h_{real} ergeben sich bei $h_{pauschal}$ = 10 m nur in 1 % der Fälle größere Pegel, in 11 % dagegen kleinere – bei 10 m werden also 11-mal häufiger zu kleine Pegel ausgerechnet. Die schiefe Verteilung lässt sich symmetrisieren (vgl. Tab. B2 mit B1, Nr. 29.3), indem $h_{pauschal}$ < 10 m gewählt wird, denn dadurch steigen die Pegel gegenüber 10 m und nähern sich h_{real} an. Insgesamt führt der Umstieg von $h_{pauschal}$ = 10 m auf 8 m zu gegenläufigen Effekten: **Die Innenstädte werden noch lauter und unrealistischer, die Vororte ruhiger und realistischer**

- **ABER**: Die Vororte bedecken weit mehr Fläche als die Innenstädte, s. Abb. 32, links

Das Ergebnis wird in Kauf genommen, weil die Vorteile die Nachteile überwiegen und HEplus insg. realistischer machen. Eine grundsätzlich bessere Qualität garantieren nur reale Gebäudehöhen ⇨ **h_{real} nötig**

29.5 Unterschiede zwischen Block- und Einzelhausbebauung, Straßenseiten und Innenhöfen

Bebauung ist nicht gleich Bebauung. Vielmehr hängt die Wirkung der bebauungsbedingten Abschirmung auf die Pegel von der Siedlungsstruktur ab (s.a. Tab. 90 u. Tab. 91, S. 354 f.). Die kann grob unterteilt werden in:

I.	Blockbebauung	= **geschlossene** Bebauungsstrukturen	⇨ hohe Abschirmung
II.	Einzelhausbebauung	= **offene** Bebauungsstrukturen	⇨ geringe Abschirmung

Nach Nr. 29.3 ist zusätzlich zu unterscheiden, wo der Immissionspunkt (IP) liegt:

1)	zur Straßenseite	= der Schallquelle *zu*gewandt	= „vor" dem Gebäude
2)	zur Rückseite	= der Schallquelle *ab*gewandt	= „hinter" dem Gebäude

Anmerkung 7: Bei Kombination von I und 2) wird von **Innenhöfen** gesprochen, s. Nr. 29.3.

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen

Um nur den Effekt unterschiedlicher Pauschalhöhen zu simulieren, wird das DGM aus WI eliminiert und allen Gebäuden eine einheitliche Pauschalhöhe zugewiesen. Verglichen mit $h_{pauschal,\ x1}$ = 10 m ergeben sich bei n = 1 für $h_{pauschal,\ x2}$ = 0 m, 15 m und 20 m die in Tab. C aufgeführten Pegeldifferenzen dL = dL_{DEN}.

Tab. C: dL nach Lage des IP (= RAS), wenn $h_{pauschal}$ von x_1 = 10 m auf x_2 = 0 m, 15 m u. 20 m geändert wird.

	$h_{pauschal,\ x2}$	Pegeldifferenz $dL_{DEN} = L_{DEN}(h_{pauschal,\ x1} = 10\ m) - L_{DEN}(h_{pauschal,\ x2} = 0\ m, 15\ m, 20\ m)$			
Nr.	$x_1 \Rightarrow x_2$	Blockbebauung		Einzelhausbebauung	
		Straßenseite	Rückseite	Straßenseite	Rückseite
1	10 m ⇨ 0 m	-2 bis 2 dB	+12 bis+15 dB	1 bis 2 dB	+6 bis +8 dB
2	10 m ⇨ 15 m	-1 bis 0 dB	-5 bis -4 dB	0 dB	-1 dB
3	10 m ⇨ 20 m	-1 bis 0 dB	-8 bis -6 dB	0 dB	-1 dB

Tab. C liefert folgende **Ergebnisse:**

a) ohne Gebäude (Nr. 1 in Tab. C): straßenseitig geringe, sonst hohe Pegeldifferenzen im Nahbereich
b) Rückseite, Blockbebauung: relevante Pegeldifferenzen, die 4 bis 8 dB betragen
c) Rückseite, Einzelhausbebauung: *keine* relevanten Pegeldifferenzen
d) Straßenseite = Straßenbereich, generell: *keine* oder *keine* relevanten Pegeldifferenzen

Fazit 9: Bei Einzelhausbebauung werden *keine realen* Gebäudehöhen benötigt (s. Nr. 2 und 3 in Tab. C)

- Grund: „Hinter" Gebäuden liegende IP werden nur von kleinen Teilstücken der Straße abgeschirmt und immer noch vom Direktschall vieler anderer Teilstücke getroffen, weil zwischen den Gebäuden viele „Lücken mit Blick auf die Straße (Schallquelle)" existieren
- Im Gegensatz zu „Fazit 8" (Nr. 29.3) gilt „Fazit 9" auch für L_{DEN} < 65 dB(A)

Anmerkung 8: Für den in Ergebnis a) erwähnten Nahbereich gilt: dL > 5 dB tritt bis maximal 300 m Entfernung von der Straße auf, kleinere Differenzen dL > 1 dB erstrecken sich bis max. 1.500 m.

Anmerkung 9: Die Bebauungsstrukturen I *und* II bestimmen, welche akustischen Effekte auftreten. Jede Stadt und (fast) jede Gemeinde besitzt Bereiche mit I und II (= Block- *und* Einzelhausbebauung). Für die hier diskutierten akustischen Effekte ist es irrelevant, ob I und II (= zusammen der Siedlungsbereich) nach END-Terminologie im Ballungsraum oder auf dem Land liegen.

Fazit 10: Akustisch ist nicht die END-Zweiteilung in Ballungsraum ⇔ Land relevant, sondern die Zweiteilung in Siedlungsraum ⇔ Freiraum (= bebaut ⇔ unbebaut), s. nachfolgend Nr. 29.6 und auch Kap. 6.3, S. 219.

29.6 Hinweis zur Anwendung der DIN 45687 (2002)

Eine i. Vgl. zu h_{real} fehlerhafte Pauschalhöhe $h_{pauschal}$ kann (muss aber nicht – s. „Straßenseite", Nr. 29.5) nur dort Pegelfehler verursachen, wo sich auch Gebäude befinden, d.h. in bebauten Bereichen (~ Siedlungsraum ~ Ortslagen, s. Nr. 10, S. 198 und auch Kap. 6.3, S. 219, insb. Fußnote 405, S. 221 sowie S. 236 ff.). Für WI gilt:

- bebaut ~ farbige Flächen in Abb. 32 u. Abb. 33: 53,4 km² ≙ 26,2 %, hier: dL > |1 dB| zu ~50 %
- unbebaut ~ weiße Flächen in Abb. 32 u. Abb. 33: 150,5 km² ≙ 73,8 %, hier: dL < |1 dB| zu 100 %

Die „gebäudehaltigen" farbigen Flächen der Abb. 32 sind demzufolge deckungsgleich mit den farbigen Pegeldifferenzen der Abb. 33. Auf den großen unbebauten „weiße" Flächen (150,5 km²) zwischen den 15 Ortslagen (53,4 km²) gilt zu 100 %: dL < |1 dB|. Aufgrund ihres hohen Anteils von 73,8 % an der Gesamtfläche von Wiesbaden (203,9 km²) haben die unbebauten Flächen einen erheblichen Einfluss auf **statistische Kenngrößen** und sorgen dafür, dass in WI dL < |1 dB| zu einem hohen Anteil von 87 % erfüllt ist (Tab. B), und die mittlere Pegeldifferenz mit dL_{Mittel} = +0,4 dB ± 1,1 dB gering ausfällt (Tab. A).

Diese Zusammenhänge sind bei Anwendung der **DIN 45687 (2002)** zu beachten. Sie dient der Qualitätssicherung von Lärmkartierungen und basiert auf folgendem Prinzip: In das Rechengebiet ReG werden N Immissionspunkte (IP = IP_i) zufällig verteilt und deren Pegel $L(IP_i)$, i = 1, …, N, auf 2 Arten berechnet:

1) mit **Referenz**-Einstellung (≙ Referenzwerte in Kap. 5.2, S. 187): Sie gewährleistet eine hohe Genauigkeit, würde aber für sämtliche W IP wegen W ≫ N eine (viel) zu hohe Rechenzeit erfordern
2) mit **Projekt**-Einstellung (≙ Parameterwerte in Kap. 5.2, S. 187): Sie gewährleistet eine ausreichend geringe Rechenzeit, führt zwar zu einer geringeren, aber dennoch akzeptablen Genauigkeit (Kompromiss)

Wenn für die N Stichproben-IP gilt: $L_{0,1}$ und $L_{0,9}$ ~ 0 dB, mit L_x = 10%- bzw. 90%-Quantil der N Pegeldifferenzen $dL(IP_i)$, wobei $dL(IP_i) = L(IP_i$, Referenz) - $L(IP_i$, Projekt), i= 1, …, N, *dann* wird daraus geschlossen: Die Projekt-Einstellung führt auch in der Grundgesamtheit W nur zu geringen Fehlern und ist demzufolge für die

Nr.	Parameter *Idealwert-Tendenz, …*	optimaler Wert im Standardmodell HEplus (s. Kap. 6)	alternative Werte; Vielfaches an Rechenzeit i. Vgl. zu der des optimalen Wertes; Anmerkungen
Kartierung des gesamten ReG geeignet. Bei Anwendung der DIN 45687 (2002) ist jedoch – wie bei jedem Stichprobenverfahren – darauf zu achten, dass die Stichprobe N auch repräsentativ ist. **Bei großflächigen und damit *strategischen* Lärmkartierungen** besteht dbzgl. folgendes **Problem**: • unbebaute *und* bebaute Bereiche treten gleichzeitig auf – für ihre Flächen gilt: A(unbebaut) ≫ A(bebaut) • unbebaute Bereiche sind i. Allg. fehlerfrei, d.h. dort gilt: L_x(unbebaute Bereiche) ~ 0 dB ⇨ L_x(unbebaute + bebaute Bereiche) ~ 0 dB, wenn man die N IP auf ganz ReG (= unbebaut + bebaut) verteilt ⇨ L_x wird **„heruntergemittelt"** und täuscht eine für *bebaute* Bereiche *nicht* repräsentative Genauigkeit vor **Fazit 11:** Bei Anwendung der DIN 45687 (2002) ist für **bebaute Bereiche** eine **getrennte Stichprobe** zu ziehen, d.h. die N Immissionspunkte sind ausschließlich in bebaute Bereiche zu platzieren. Anmerkung 10: Der Begriff „Einstellung" (s. DIN 45687, 2002) wird hier synonym zu „Modell" verwendet: • Projekt-Einstellung ≙ Parameter-Modell und Referenz-Einstellung ≙ Standard-Modell Anmerkung 11: Das Stichproben-Verfahren der *DIN 45687 (2002)* wird **in dieser Arbeit** *nicht* angewandt. Stattdessen finden hier **stets Vollerhebungen** statt: Das Parameter-Modell wird mit dem Standard-Modell an sämtlichen W IP des gesamten Rechengebietes verglichen und nicht nur an den N ≪ W Stichproben-IP. Anmerkung 12: Das geschilderte Problem (= unbebaute und bebaute Bereiche) tritt nicht nur bei den meisten END-Kartierungen auf, sondern bei allen Kartierungen, die „in die Fläche gehen" und z.B. ganze Gemeindegebiete umfassen.			
30	**Absorptionsgrad der Gebäude** *reale Werte*	**JA, alle 0,37**	**0,21 1,0×** Abweichungen überall < 1 dB, da sich auch die Reflexionsverluste genau um 1 dB unterscheiden.
31	**Steigung *g* aus DGM berechnen** **Steigung beschränken** *Steigung aus absoluten Höhen des tatsächlichen Straßenverlaufs ermitteln*	**JA** **JA, alle ≤ |±8 %|**	**≤ |±15 %| 1,0×** Absolute Straßenhöhen sind nicht verfügbar/nicht vorhanden.
Nach VBUS erhält der *Emissions*pegel bei g ≤ |±8 %| bzw. g ≤ |±15 %| Steigungszuschläge D_{Stg} von maximal 1,8 bzw. 6 dB. Die Unterschiede zwischen g ≤ |±8 %| und g ≤ |±15 %| sind vernachlässigbar, weil nur wenige Straßenabschnitte größere Steigungen besitzen. Das verdeutlichen auch die Pegeldifferenzen dL_{DEN} der *Immissions*pegel, die nur um wenige Straßen und dort nur im unmittelbaren Nahbereich nennenswert auftreten: • dL_{DEN} > 1 dB: Selten, d.h. wenige Steigungsstellen, wenige 100 m Länge, max. ~500 m Breite • dL_{DEN} > 4 dB: *Sehr* selten, d.h. max. ~50 m Breite (= Entfernung von der Straße) Anmerkung: Realistischer ist g ≤ |±8 %|, s. Natzschka (2003) und auch Fußnote 274, S. 151.			
32	**DTV** *überall reale DTV* ABER: s. Abb. 25, S. 184	**Basis: SVZ 2005** **G: 500 Kfz/24h** **Rest: Q90,** s.a. Tab. 28, S. 149	Die Parameterstudien werden in HEplus auf Basis der SVZ 2005 wiederholt und ausführlich in Kap. 6.6 (S. 251) diskutiert.
Alle DTV-Werte aus der jeweils aktuellen SVZ sollten genutzt **und** durch Pauschalwerte ergänzt werden. Die Schwellenwerte der END (3 Mio. bzw. 6 Mio. Kfz/a) führen zu nicht tolerierbaren Fehlern in den Lärmkarten (s. Kap. 6.6, S. 251 und Jäschke (2011a, 2011c)) und sind zu ignorieren ≙ Keine 1:1-Kartierungen. **Fazit 12: Bei *strategischen* Lärmkartierungen sind stets *alle* Lärmquellen zu berücksichtigen.**			
33	**restliche Straßenattribute** *reale Werte*	**Pauschalwerte:** **VBUS,** s.a. Tab. 28, S. 149 und Tab. 29, S. 150	Keine Parameterstudien. Keine realen Werte verfügbar als HEplus aufgebaut wird. Vergleich der L_{DEN}-Fehler: • DTV-Schwellen der END: **12-16 dB** • restliche Straßenattribute: **≤ 1,6 dB** Siehe: Jäschke (2010, 2011a, 2011c).
34	**Schienenattribute** *reale Werte*	**Pauschalwerte:** **VBUSch, Schall 03** s.a. Tab. 38, S. 179	Keine Parameterstudien.
35	**Flugverkehr** *DES*	**DES**	Keine Parameterstudien. Kein Bedarf, da das DES eindeutig ist.

5.3.3 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Tab. 41 fasst die wichtigsten Ergebnisse der Tab. 40 zusammen und geht dabei vor allem auf Rechenzeiten und Fehler (Genauigkeiten) ein.

Tab. 41: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Parameterstudien zu WI.
*Legende: vorletzte Zeile: **Optimalwert** für HEplus (Fettdruck) und Idealwert (Normaldruck)*
*letzte Zeile: **verkürzt** = Rechenzeitverkürzung durch Optimalwert i. Vgl. zum Idealwert*
% = Prozent der Pegel, die bei Optimal- u. Idealwert bis auf 1 dB gleich sind
Beachte: Nr. in dieser Tabelle = Nr. in Tab. 40, S. 194.

Nr.	Parameter	Ergebnisse
1	Maximaler Fehler maxF	• Es gilt stets: L_{DEN}(maxF > 0 dB) ≤ L_{DEN}(maxF = 0 dB) • maxF wirkt sich i. Allg. nur in der Nähe starker Schallquellen und dort v.a. in unbebauten Bereichen aus • Die tatsächlichen Fehler sind im Mittel bedeutend kleiner als maxF: o |dL-Mittelwert| ≪ maxF • Der Prozentsatz an RAS-Pegel, die sich beim Parameterwert maxF > 0 dB um weniger als 1 dB vom Idealwert maxF = 0 dB unterscheiden, beträgt: o bei maxF = 2 dB: 97,8 % o bei maxF = 5 dB: 78,8 % ⇨ Optimalwert für HEplus: **maxF = 2 dB**; Idealwert: maxF = 0 dB ⇨ Rechenzeit: um Faktor **7,5 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: bei **97,8 %** aller RAS-Pegel
2	Maximaler Suchradius r_S	• Ruhige Gebiete stellen höchste Ansprüche ⇨ r_S ist besonders groß zu wählen • Mit 4.000 m sind auch unter ungünstigen Bedingungen hochwertige pRG35 zu finden ⇨ Optimalwert für HEplus: **r_S = 4.000 m**; Idealwert: r_S = 6.000 m ⇨ Rechenzeit: um Faktor **3,1 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: **99,2 %**
3	Raster unter Häusern extrapolieren	• Für optisch schöne Karten zu empfehlen, verfälscht aber u.U. Statistiken (s.u.): o ABER: extrapolierte Pegel ~ benachbarte „echte" Pegel, d.h. keine „Ausreißer" • Einfluss auf Statistiken ist i. Allg. gering, da die Anteile extrapolierter Pegel klein sind: o in WI: 5,8 % o in HEplus: 1,6 % ⇨ Optimal- u. Idealwert für HEplus: **JA**; Statistiken ggf. OHNE extrapolierte Pegel ⇨ Rechenzeit: nahezu unbeeinflusst, weil Prozentsätze klein
7	Projektion	• Projektion von Linienquellen und Gelände: (JA, JA) fast wie (NEIN, NEIN) • Projektion mit höheren Suchradien: kaum Pegeländerungen, aber hohe Zeitverluste • Optimalwerte für HEplus: **JA, JA, 100 m, 50 m, 50 m**; Idealwerte: JA, JA, r_S, r_S, r_S • Rechenzeit mind. um Faktor 6,4-**15,4 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: **99,9 %**
10	Maximale Reflexions-ordnung n	• Nur dort von Bedeutung, wo sich Gebäude befinden (= bebaute Bereiche): • Besonders starker Einfluss in allseitig umschlossenen Innenhöfen: o L steigt bei n = 0 ➡ 1 ➡ 2 ➡ 4 zuerst um 3-4 dB, dann 2-mal um je 2-3 dB o L kann bei n = 10 um bis zu 17 dB höher ausfallen als bei n = 1 • Für Ruhige Gebiete in *un*bebauten Bereichen genügt n = 0 • n > 1 ist derzeit für großflächige Kartierungen (≫ 100 km²) i. Allg. nicht möglich • Schallmessungen integrieren automatisch über alle Reflexionen (n = ∞) ⇨ Optimalwert für HEplus: **n = 1**; Idealwert: n > 1, nur in bebauten Bereichen sinnvoll ⇨ Rechenzeit: um Faktor **15,6 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: **95,2 %** i. Vgl. zu n = 2
15	Rasterweite Rw	• Wird ausführlich in Kap. 6.4 (S. 235) diskutiert, hier die Ergebnisse vorab: ⇨ Optimalwert für HEplus: **10 m**; Idealwert: 2 m, nur in bebauten Bereichen sinnvoll ⇨ Rechenzeit ∝ 1/(Rasterweite)², mit ∝ = Zeichen für Proportionalität
17	Multithrea-ding	• Je mehr Prozessoren und je mehr echte Kerne, desto kleiner die Rechenzeiten o ABER: nicht alle Berechnungen parallelisierbar u. „Organisationsverluste" ⇨ HEplus: **8 Kerne**, da leistungsfähigere PCs nicht verfügbar waren ⇨ Rechenzeit: um Faktor **8 verkürzt** – Fehler: **keine**, d.h. dL < 1 dB: **100 %**
18	DGM	• Je genauer das DGM, desto stärker „explodieren" die Rechenzeiten, aber die Pegel bleiben nahezu unverändert ⇨ Optimalwert für HEplus: **25-m-BKG-DGM, ausgedünnt: 2 m** (s.S. 143: Tab. 24, A2

		und Tab. 25, S. 145); Idealwert: 5-m-DGM oder genauer ⇨ Rechenzeit: um Faktor **112,4 verkürzt** – Fehler dL < 1 dB: **93,9 %**
27	Gebäude außerhalb Hessens	• In HEplus nicht verwendbar, weil Beschaffung zu aufwändig o. zu teuer • Auswirkungen nur dort, wo z.B. ganze Dörfer in unmittelbarer Grenznähe liegen ⇨ Rechenzeit = unverändert, Faktor **1,0** – Fehler dL < 1 dB: **ca. 100 %**
29	Gebäude-höhe h	• Für die mittlere Gebäudehöhe gilt: o Wiesbaden: **h_{Mittel} = 8,38 m ± 5,42 m ~ 8 m** $\stackrel{def}{=}$ **$h_{pauschal}$** in HEplus o i. Vgl. dazu: a) Innenstadt: 13,73 m ± 6,90 m und b) Vororte: 6,64 m ± 3,05 m ⇨ $h_{pauschal}$ macht die Innenstadt lauter u. die Vororte ruhiger als in Realität (h_{real}) • Innen*höfe* der Innenstadt: in Realität (h_{real}) mehr Abschirmung ⇨ 6-8 dB ruhiger o FAS-Pegel (VBEB) z.T. noch ruhiger (10-15 dB), da näher am Gebäude liegend • Straßenbereiche der Innenstadt: Direktschall dominiert ⇨ Pegel unabhängig von h • ***Keine realen*** Gebäudehöhen sind **erforderlich** (weil der Direktschall dominiert): o für **Lärmaktionsplanungen**, die sich auf L_{DEN}(RAS, FAS) **> 65 dB(A)** beschränken ≙ **1. Hausfronten** ⇨ dort gilt: **VBUS ~ RLS-90**, bis auf *maximal* dL = **2 dB** o für Bereiche mit *Einzel*hausbebauung *generell*, d.h. für alle Pegel L_{DEN} ≦ 65 dB(A) • Vororte: in Realität (h_{real}) weniger Abschirmung ⇨ max. 8 dB lauter ⇨ Optimalwert für HEplus: **8 m**; Idealwert: reale Haushöhen h_{real} ⇨ Rechenzeit: unverändert, Faktor **1,0** – Fehler dL < 1 dB: ca. **90,9 %**
32	DTV	• Wird ausführlich in Kap. 6.6 (S. 251) diskutiert, hier die Ergebnisse vorab: ⇨ Optimalwerte für HEplus: **$DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h**, *alle realen* DTV-Werte aus SVZ 2005, Rest: widmungsspezifische Pauschalwerte Q90/G500; entspricht Modell **DTV0** o Idealwerte: ebenfalls $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h, aber *alle* DTV-Werte sind *real* • **2 ff. Stufe der END** mit $DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h und *ohne* Pauschalwerte bewirkt: o Rechenzeit bzgl. DTV0 um Faktor **6,4 ver*kürzt*** – Fehler dL < 1 dB: **nur 12,7 %** ⇨ 1:1- und optimale Kartierungen unterscheiden sich stark: *hohe Fehler* **dL ≥ 1 dB**: **87,3 %** ⇨ Kartiere ohne DTV-Schwelle und erstelle bestmögliche (optimale) NICHT-1:1-Karten

Tab. 41 liefert den gesuchten Satz optimaler Parameterwerte, der 2 vorteilhafte Eigenschaften vereint (Zahlen = Faustformeln):

- **Stark verkürzte Rechenzeiten**:
  - o pro Parameter: **~1/10**
  - o insgesamt in HEplus: **~1/40.000**
- **Nahezu unverändert hohe Qualität der Karten**:
  - o pro Parameter: **~95 %** mit dL < 1dB
  - o insgesamt in HEplus: **~80 %**[382] mit dL < 1dB

Ideale und optimale Lärmkartierungen unterscheiden sich grob wie folgt:

- **Ideale Lärmkartierungen**:
  - o Strategie: nur exakte Pegel akzeptieren, keine Fehler zulassen
  - o Eingangsdaten bleiben unverändert
  - o Idealwerte werden verwendet
  - ⇨ Qualitätsverluste treten *nicht* auf[383]
  - o ABER: Rechenzeiten so hoch, dass größere Gebiete *nicht* kartierbar sind
  - ⇨ Nur *sehr kleine* Gebiete (≪ 100 km²) kartierbar – Qualität: überall *sehr hoch*

[382] Bei den Prozentwerten handelt es sich um den Anteil RAS-Pegel mit dL = L(ideal) - L(optimal) ≤ 1 dB. Bei HEplus wird angenommen, dass die Fehler und Rechenzeiten der einzelnen Parameter unabhängig voneinander sind.
[383] Die Aussage gilt nur im Gültigkeitsbereich der Akustik-Modelle, s.a. die Empfehlung auf der nächsten Seite.

- **Optimale (= bestmögliche = vollständige) Lärmkartierungen** (s. Abb. 4, S. 77):
    - Strategie: Pareto-Prinzip beachten[384], tolerierbare Fehler zulassen
    - Eingangsdaten werden z.T. geometrisch und attributiv vereinfacht
    - Optimalwerte werden verwendet
    - ⇨ *Geringe* Qualitätsverluste treten auf
    - ABER: *stark verkürzte* Rechenzeiten
    - ⇨ *Sehr große* Gebiete (> 10.000 km²) kartierbar – Qualität: im Mittel *hoch*
        - ABER: *Lokal* kann die Qualität so stark sinken, dass die Lärmkartierung dort *un*brauchbar ist
        - JEDOCH: Die kritischen „Lokalitäten" sind i. Allg. aus Parameterstudien bekannt (s.o.) und die Fehler nachträglich leicht zu beheben

Erst die Parameterstudien machen es möglich, 100-mal größere Modelle wie HEplus in vertretbarer Rechenzeit und derzeit bestmöglicher Qualität zu berechnen und optimale Lärmkarten zu erstellen. Damit hat sich die hier praktizierte Vorgehensweise bewährt.

Die Akustik-Modelle dieser Arbeit verwenden L_{Aeq}-Pegel, welche aber z.B. nur 20-40 % der Wirkung „Lärmbelästigung" erklären können (s.S. 79).
Deshalb lautet die **Empfehlung**:

- Anstatt alle **Ressourcen** für die Erstellung idealer L_{Aeq}-Modelle einzusetzen, sollte ein Teil davon **für die „fehlenden 60-80 %" aufgewandt** werden, um künftig nicht nur den L_{Aeq}, sondern auch weitere relevante akustische und nicht-akustische Faktoren kartieren und bewerten zu können.

5.4 Anmerkung zu Modell HE

Zwischen den Modellen WI und HEplus liegt das Modell HE (s. Kap. 4.5.3, S. 160). Im Gegensatz zu HEplus stimmt in HE das Rechengebiet mit dem Bundesland Hessen exakt überein, wodurch die Ruhigen Gebiete an der Landesgrenze enden – grenzüberschreitende werden „abgeschnitten". Um auch die grenzüberschreitenden Ruhigen Gebiete vollständig kartieren zu können, wird HE durch HEplus räumlich bis zur nächsten Straße (Lärmquelle) erweitert und zusätzlich qualitativ verbessert (s. Kap. 4.5.4, insb. S. 167).
Deshalb gilt:

- HE wird als „Interimsmodell" eingestuft und hier nicht weiter untersucht
- HEplus wird ab jetzt ausschließlich betrachtet (s. Kap. 6 ff.)
    - HEplus ersetzt HE vollständig, weil gilt: HE ⊆ HEplus, s.S. 166

Wenn anschließend erneut Parameterstudien durchgeführt werden, um zu klären

- wie sich 5 wichtige Kern-Parameter auf den Straßenlärm (STR) auswirken (Kap. 6),
- welche Lärmbelastungen und pRGx beim Gesamtlärm (GES) auftreten (Kap. 7),

dann basieren alle Berechnungen, Analysen und Aussagen auf HEplus.

[384] Siehe Abb. 10, S. 126.

6. Hessen plus: Parameterstudien STR

Kap. 6.1 stellt allgemeine Merkmale der später präsentierten Karten vor – Nomenklatur, NoData-Pegel, Pegelklassen und zugehörige Farben –, Kap. 6.2 die speziellen Eigenschaften des zu HEplus(STR) gehörenden Standardmodells[385]. Beide Kapitel legen Grundlagen zum Verständnis der restlichen 4 Kap. 6.3-6.6, die insgesamt 5 Kern-Parameter behandeln:

- Gebäude und Gelände – ALK und DGM – Kap. 6.3, S. 219
- Rasterweite – Rw – Kap. 6.4, S. 235
- DTV-Pauschalwert – $DTV_{pauschal}$ – Kap. 6.5, S. 243
- DTV-Schwelle – $DTV_{Schwelle}$ – Kap. 6.6, S. 251

Das Vorgehen ähnelt dem der Parameterstudien zu WI (s. Kap. 5.2, S. 187): Vergleich des in Kap. 6.2 eingeführten Standardmodells mit verschiedenen Parametermodellen, die sich von Ersterem in *genau einem* Parameter*wert* des jeweils betrachteten Kern-Parameters unterscheiden. Die Analysen beschränken sich auf:

- **STR** – nur Straßenverkehr ⇨ in Kap. 6: HEplus = HEplus(STR)
- **RAS** – nur Rasterpegel[386]
- **L_{DEN}**[387] – mit pRG35 als Schwerpunkt

Die Ergebnisse gestatten allgemeingültige Empfehlungen für künftige Lärmkartierungen.

6.1 Nomenklatur und Farben der Karten

6.1.1 Nomenklatur

Der Anwendungsbereich (Nutzen) von Lärmkartierungen hängt davon ab, wie stark der Einfluss von Schwellenwerten ist. Für die später diskutierten Sachverhalte wird diese Besonderheit durch eine geeignete Nomenklatur ausgedrückt und 4 Kartenarten unterschieden (Tab. 42).

Tab. 42: Nomenklatur: END-Karte, Lärmkarte, Ruhekarte sowie Lärm- und Ruhekarte.

Nr.	Nomenklatur	Einfluss von Schwellen	Anwendungsbereich		Bemerkung
			Lärmbekämpfung	Schutz Ruhiger Gebiete	
1	**END-Karte**[388]	**sehr hoch**	Teilweise	Nein	s. Abb. 3, S. 73[389]
2	***Lärm*karte**	hoch	Ja	Nein	s. Tab. 40, S. 194
3	***Ruhe*karte**	hoch	Nein	Ja	s. Kap. 8, S. 327: Modell D
4	**Lärm- *und* Ruhekarte**	niedrig	Ja	Ja	**Ziel** dieser Arbeit, erreicht durch HEplus, STR, SCH, FLG u. GES

[385] Es gilt: **Standardmodell = Referenzmodell** i.S. von Kap. 5.2, S. 187.

[386] Zum Einfluss verschiedener Parameter auf Fassadenpegel und Belastetenzahlen (VBEB): s. Jäschke (2011a, 2011c).

[387] Viele Ergebnisse sind grundsätzlich – wenn auch nicht numerisch – auf L_D, L_E und L_N übertragbar. Eine vollständige Analyse auch dieser Pegelgrößen war angesichts des Aufwandes nicht zu leisten, s.a. Abb. 1, S. 8.

[388] Mit dem Begriff sind nicht nur die 1:1 nach END erstellten Karten gemeint, sondern alle Karten mit Schwellenwerten:

- Beispiel 1: Auswahlkriterium = *„DTV-Wert muss über einem Schwellenwert liegen"*, d.h. nur Straßen mit DTV > $DTV_{Schwelle}$ fließen in die Berechnungen und Karten ein (s. Kap. 6.6, S. 251, insb. Abb. 50, S. 256)
  - Spezialfall: END mit $DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h ~ 8.200 Kfz/24h = 3 Mio. Kfz/a (s. Abb. 3, S. 73). Zusätzlich zur DTV-Schwelle enthält die END noch weitere Schwellen (s.S. 74: Tab. 7, Problemfeld 2)
- Beispiel 2: Auswahlkriterium = *„andere Bedingung"* = indirekte Schwelle
  - Spezialfall: Bei der Zulassung neu gebauter oder wesentlich geänderter Straßen wird nicht das gesamte Straßennetz berechnet, sondern nur der betroffene Abschnitt – also nicht das unveränderte Bestandsnetz (§ 41 BImSchG i.V.m. 16. BImSchV), s.a. S. 352: Tab. 89, Nr. 14

[389] Weitere Beispiele in Kap. 6.5, S. 243.

Für die **Lärm- *und* Ruhekarten** (Nr. 4) gilt:

- Sie unterscheiden sich fundamental von den anderen 3 Karten, weil sie *alle* Straßen (allgemein: *alle* Lärmquellen einer Lärmart) berücksichtigen und damit im *gesamten* Pegelbereich eine *hohe* Qualität und folglich einen **3-fachen Nutzen** besitzen:
  I. hohe Pegel: zur **Lärmbekämpfung**
  II. niedrige Pegel: zum **Schutz Ruhiger Gebiete**
  III. mittlere Pegel: zur **Vermeidung unerwünschter Verlagerungseffekte**:
    - Verlagerungseffekte durch Maßnahmen nach Nr. I und II bleiben anders als bei END-, Lärm- *oder* Ruhekarten nicht unentdeckt
    - Grund: Keine Schwellenwerte und daher insbesondere keine Eingangsfilter (s. Kap. 6.6, S. 251)
- Sie beschränken sich hier in Kap. 6 auf STR, was ihren Nutzen vorerst schmälert

Deshalb erweitert Kap. 7 (S. 272) die Lärmart STR um SCH und FLG und analysiert die resultierende **Gesamtlärm- *und* Gesamtruhekarte** (GES). Aber auch die unterliegt gewissen Nutzungsbeschränkungen, weil folgende Faktoren immer noch fehlen:

- weitere Lärmarten wie Industrie-, Gewerbe-, Baustellenlärm usw. (s. Tab. 10, S. 89)
- akustische Effekte, die über die physikalischen Grundannahmen der benutzten Berechnungsvorschriften (VBUS & Co) hinausgehen (s. Kap. 2.1, S. 80)
- psychoakustische und nicht-akustische Einflussgrößen (s. Kap. 1.5, S. 76)

Dennoch wird der Begriff „Lärm- *und* Ruhekarte" beibehalten, solange *alle* Lärmquellen einer Lärmart in einem Akustik-Modell berechnet werden.

Aus den obigen Einschränkungen folgt, dass es selbst bei den in Kap. 7 präsentierten GES-Karten angebracht ist, von „*potentiell* Ruhigen Gebieten" (pRGx, s. Tab. 18, S. 116) zu sprechen, obwohl dort die 3 wichtigsten END-Lärmarten (STR, SCH und FLG) berücksichtigt werden. Die pRGx liefern trotzdem einen guten Ausgangspunkt, um die wahren Ruhigen Gebiete (wRG) zu finden (s. Abb. 5, S. 116).

6.1.2 NoData-Pegel

Um Immissionspegel L = L(IP) korrekt auswerten und interpretieren zu können, ist es wichtig, zwischen 2 Arten[390] von Pegelwerten zu differenzieren:

1) berechnete Pegelwerte – **Data**[391]:
   - Wertebereich: $-\infty$ dB(A) ≤ L ≤ $+\infty$ dB(A), L = berechnet im Akustik-Modell[392]
   - Normalfall: tritt auf, wenn $r_{IP\text{-}Schallquelle} < r_S$[393]
   - Karten-Darstellung: *farbige* Flächen, s. Tab. 43, S. 214
2) *nicht* berechnete Pegelwerte – **NoData**:
   - Wertebereich: $-\infty$ dB(A) ≤ L ≤ $+\infty$ dB(A), L = fester, frei wählbarer Wert[394]

---

[390] Eine 3. Pegelart tritt bei Rastern durch die „unter Häusern extrapolierten" Rasterpegel auf, die keine „echten" Pegel sind (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 3). Sie werden hier nicht extra behandelt, weil das Kap. 6 ausschließlich Analyse-Funktionen verwendet, die automatisch alle Rasterpegel „unter" (= in) Häusern ignorieren [= OHNE extrapolierte Pegel].

[391] Begründung: Der Schalldruckpegel L ist definiert als $L = 10 \times log(p_{eff}^2/p_0^2) = 20 \times log(p_{eff}/p_0)$, mit $p_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T p^2(t)dt}$ = Effektivwert des Schalldrucks, $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ N/m² = Bezugsschalldruck für Luft = Hörschwelle, p(t) = Momentanwert des Schalldrucks zum Zeitpunkt t, L in dB(A) – siehe z.B. Henn, Sinambari & Fallen (1999).
⇨ $L \propto \log(p_{eff})$ und da für den Logarithmus stets gilt: $-\infty \leq \log(x) \leq +\infty$, folgt: $-\infty$ dB(A) ≤ L ≤ $+\infty$ dB(A)

[392] Beispiel: Wertebereiche für L_{DEN} im HEplus-Standardmodell (identisch, egal ob MIT oder OHNE extrapolierte Pegel):
- a) Rw = 25 m: -14,7 dB(A) bis +102,6 dB(A) und b) Rw = 10 m: -12,4 dB(A) bis +100,9 dB(A), s.a. Abb. 57, S. 276

[393] Es gilt: $r_{IP\text{-}Schallquelle}$ = Entfernung von IP bis zur nächstgelegenen Schallquelle
r_S = max. Suchradius (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 2).

[394] Eine Akustik-Software kennt nur Zahlen. Deshalb muss auch eine qualitative Aussage wie *„Der L_{DEN}-Pegelwert ist unbekannt"* (= NoData) durch eine geeignete Zahl (= numerischer Platzhalter = Ersatzwert) kodiert werden. Damit der für NoDa-

- o Sonderfall: tritt auf, wenn $r_{IP\text{-}Schallquelle} \geq r_S$
- o Karten-Darstellung: *graue* Flächen, s. Tab. 43, S. 214

Die Hersteller von CadnaA haben folgende Wahl für den festen Wert in Nr. 2 getroffen:

- **NoData $\stackrel{def}{=}$ -88 dB(A)**
  - = *„Der Pegelwert ist unbekannt“ = „Ein Pegelwert konnte nicht berechnet werden“*
  - = *„Keine einzige Quelle liegt innerhalb des Suchradius r_S um IP“*
- Während L_D, L_E und L_N direkt über Schallausbreitungsberechnungen bestimmt werden, ergibt sich L_{DEN} aus diesen 3 Größen über Glch. (1.1), S. 67:
  - o Wenn L_D = -88 dB(A), L_E = -88 dB(A) und L_N = -88 dB(A), dann:
  - ⇨ **L_{DEN} = -81,6 dB(A) = NoData**[394]

Den Werten $L_{D,\ E\ oder\ N}$ = -88 dB(A) und L_{DEN} = -81,6 dB(A) kommt demzufolge eine Doppelrolle zu: Einmal könnte es sich um „echte“ Pegel handeln, zum anderen verwendet CadnaA diese Werte als Platzhalter für die Aussage *„Der Pegelwert ist unbekannt“* (s.o.).

NoData-Pegel sind in Zusammenhang mit den pRG35 wie folgt zu behandeln:

a) Akustik-Modell *mit* optimalem Suchradius $r_S \geq$ 4.000 m und *allen* Schallquellen:
   - o NoData zählen zu den pRG35 – Bsp.: HEplus-SCH

b) Akustik-Modell *ohne* optimalem Suchradius r_S < 4.000 m oder *ohne* alle Quellen:
   - o NoData zählen **nicht** zu den pRG35 – Bsp.: STR mit $DTV_{Schwelle}$ > 0 Kfz/24h

Folgende Beispiele aus HEplus verdeutlichen die Unterschiede (s. Kap. 6.6, S. 251):

<u>zu a</u>) *bestmögliches* Modell = das Standardmodell mit $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h:

- **-15 dB(A) ≤ L_{DEN} ≤ 103 dB(A)** als Wertebereich, d.h. kein einziger NoData-Pegel
  - o Grund: Zu jedem IP gibt es *mindestens* eine Straßenquelle mit $r_{IP\text{-}Schallquelle} \leq r_S$(HEplus) = 4.000 m und damit mindestens einen Emissionspegel $L_{mE} \gg 0$ dB(A)[395], der in IP einen Teilpegel L(IP) = L_{DEN} ≥ -15 dB(A) erzeugt

---

ta gewählte Ersatzwert nicht mit einem gleichlautenden „echten“ Pegelwert kollidiert, erhält er einen Wert zugewiesen, der als „echter“ Wert nicht oder nur sehr selten vorkommt. Hierbei ist zu beachten:

- *Theoretisch* können „echte“ Schallpegel im gesamten Bereich von -∞ dB(A) bis +∞ dB(A) liegen, s. Nr. 1
  - o „Echt“ keine Quelle ist äquivalent zu p = 0 N/m², d.h. L = -∞ dB(A)
  - o L = 0 dB(A) stimmt als „echter“ Pegel in etwa mit der menschlichen Hörschwelle überein und empfiehlt sich daher als Ersatzwert für NoData nicht – etwas anderes gilt z.B. bei Haushöhen, für die h = 0 m als NoData durchaus Sinn machen würde
  - o L ≪ 0 dB(A) ist eine vernünftige Bedingung für den NoData-Ersatzwert, da beim Umgebungslärm sehr niedrige Pegel selten sind (siehe auch unten die Tabelle)
  - ⇨ **NoData ≠ 0 dB(A), NoData ≠ -∞ dB(A) und NoData ≪ 0 dB(A)** als sinnvolle Kriterien für den Ersatzwert
- *Praktisch* gilt für „echte“ Pegel stets: L ≪ +∞ dB(A) und L ≫ -∞ dB(A), konkret für L_{DEN} in den HEplus-Modellen:

Nr.	Modell	Anz. Straßen (Schallquellen)	Anzahl und Anteil der RAS-Pegel mit L_{DEN} …					
			< -81,6 dB(A)	= -81,6 dB(A) $\stackrel{def}{=}$ NoData	-81,59--80 dB(A)	-80--50 dB(A)	-80-0 dB(A)	> 0 dB(A)
1	DTV0	Maximum = alle (100 %)	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	12.206 0,03 %	37,5 Mio. 99,97 %
2	DTV16000END	Minimum = wenigste (3 %)	0 0 %	22,8 Mio. 60,9 %	0 0 %	544 0,015 %	0,2 Mio. 0,6 %	13,1 Mio. 38,5 %

Die Tabelle lässt sich als praktische Hilfe für die Wahl eines geeigneten NoData-Ersatzpegels nutzen, denn sie zeigt:

a) NoData dürfen bei $DTV_{Schwelle}$ ≫ 0 Kfz/24h nicht zu den pRG35 gezählt werden
b) „Echte“ Pegel L_{DEN} < 0 dB(A) kommen vor, sind aber selten (0,6 %)
c) Im Bereich L_{DEN} = -81,59--81 dB(A) liegt kein einziger „echter“ Pegel

⇨ Folgende **vereinfachte NoData-Definition** ist **fehlerfrei** möglich: NoData $\stackrel{def}{=}$ *alle Pegel mit L_{DEN} ≤ -80 dB(A)*

- Vorteil: „-80 dB(A)“ statt „-81,6 dB(A)“ vermeidet krumme Werte und „≤“ statt „=“ vermeidet z.B. Fallunterscheidungen und numerische Probleme durch Rundungsfehler. In keinem der anschließend untersuchten Modelle existiert auch nur ein einziger „echter“ Pegel im Bereich „-81,6 dB(A) bis -80 dB(A)“ oder im Bereich „< -81,6 dB(A)“

[395] Nach VBUS wird L_{mE} getrennt für die 3 Zeitbereiche D, E und N berechnet. Für das Standardmodell (DTV0) von HEplus ergeben sich die folgenden Minimalwerte: $L_{mE,\ D}$ = 48,9 dB(A), $L_{mE,\ E}$ = 46,5 dB(A) und $L_{mE,\ N}$ = 38,4 dB(A). Verantwortlich für diese Minima ist nicht etwa eine Gemeindestraße, sondern eine Landesstraße mit DTV(SVZ 2005) = 90 Kfz/24h.

- o *Maximale* Entfernung einer Schallquelle von einem beliebigen IP:
  - **Maximum($r_{IP\text{-}Schallquelle}$, Hessen) = 3.600 m**
  - **Maximum($r_{IP\text{-}Schallquelle}$, HEplus) = 3.865 m**, s.S. 279: Tab. 68, Nr. 4
- ⇨ **In Hessen erreicht man nach 3.600 m garantiert irgendeine Straße**

zu b) *vereinfachtes* Modell = alle Parametermodelle mit $DTV_{Schwelle} \gg 0$ Kfz/24h:

- NoData-Anteil steigt mit $DTV_{Schwelle}$ bis auf 42 %, s.S. 260: Tab. 61, Zeile 1[396]
  - o Wenn man $DTV_{Schwelle}$ sukzessive erhöht, gehen immer weniger Straßen in das Berechnungsmodell ein, das Straßennetz dünnt immer stärker aus und die Abstände zwischen den Straßenquellen werden immer größer
  - o Dadurch wird bei $DTV_{Schwelle}$ = 501 Kfz/24h und erst recht bei höheren Schwellenwerten innerhalb des Suchradius r_S = 4.000 m an manchen IP überhaupt keine einzige Straßenquelle mehr gefunden:
  - ⇨ Für diese IP gilt: L(IP) = L_{DEN} = NoData = -81,6 dB(A)
- Viele graue NoData-Flächen der Abb. 50a (≙ DTV16000, S. 256) stellen sich in Abb. 50h (≙ DTV0) nicht als pRG35 heraus, weil L_{DEN} > 35 dB(A), z.T. L_{DEN} > 75 dB(A)

Die vorliegende Arbeit verwendet eine leicht vereinfachte NoData-Definition:

- **NoData** $\stackrel{def}{=}$ ***„Alle Pegel mit L_{DEN} ≤ -80 dB(A)"***[397]

Die NoData zählen bei HEplus-STR *nicht* zu den pRG35, bei SCH schon – s.o., Nr. a.

6.1.3 Pegelklassen und Farben in den Lärm- und Ruhekarten

Erkenntnisse der Psychooptik (Ware, 2004; alta4, 2007) führen zu der Faustformel:

- Thematische Karten mit **5-10 Klassen** sind gut zu interpretieren

Die Lärm- und Ruhekarten dieser Arbeit zeigen daher folgende **7 Standard-Pegelklassen**:

- 4 Klassen von je 10 dB Breite für den Wertebereich von 35 dB(A) bis 75 dB(A)
- 2 Randklassen für die Wertebereiche ≤ 35 dB(A) und > 75 dB(A), d.h. die pRG35 und die Lärmbelastungen oberhalb der verfassungsrechtlichen Zumutbarkeitsschwelle (s. Kap. 2.4.3, S. 114 und Tab. 88, S. 351)
- 1 NoData-Klasse, um die IP ohne „echte" Pegel zu markieren

Den Pegelklassen sind die Standard-Farben und RGB-Werte der Tab. 43 zugeordnet. Letztere basieren auf den psycho-optisch validierten Farbpaletten des ColorBrewers (Brewer & Harrower, 2002, 2009, s.a. Harrower & Brewer, 2003).

Tab. 43: Standard-Pegelklassen und Standard-Farben mit RGB-Werten.

Nr.	Pegelklasse	Pegel-Bewertung	Farbe	GIS-Legende	R	G	B
1	75 dB(A) < L_{DEN}	extrem schlecht		> 75	181	25	28
2	65 dB(A) < L_{DEN} ≤ 75 dB(A)	sehr schlecht		65,1-75	255	0	0
3	55 dB(A) < L_{DEN} ≤ 65 dB(A)	schlecht		55,1-65	253	174	97
4	45 dB(A) < L_{DEN} ≤ 55 dB(A)	mittel		45,1-55	255	255	191
5	35 dB(A) < L_{DEN} ≤ 45 dB(A)	gut		35,1-45	166	217	106
6	-80 dB(A) < L_{DEN} ≤ 35 dB(A)	sehr gut		≤ 35	26	150	65
7	NoData $\stackrel{def}{=}$ L_{DEN} ≤ -80 dB(A)	keine Informationen		NoData	178	178	178

Unabhängig von der „5-10-Klassen-Faustformel" sind Informationen stets **zweckmäßig und zielgruppengerecht** zu präsentieren. Eine solche Forderung enthält auch die END.[398]

[396] Bei $DTV_{Schwelle}$ = 501 und 1.000 Kfz/24h sind diese Anteile zwar sehr gering, aber nicht Null.
[397] Siehe nachfolgend Tab. 43 (Nr. 7) und oben Fußnote 394 (Tabelle, Nr. c und Erläuterungen).

Sie führt dazu, dass einige Karten dieser Arbeit von den Standard-Klassen/-Farben abweichen. Zudem enthält Kap. 6 zahlreiche Pegeldifferenzkarten mit grundsätzlich anderen Inhalten und Farben. In allen Fällen erfolgt die Farbauswahl so, dass jede Farbpalette eine möglichst intuitiv verständliche Farb-Assoziation (Werturteil) hervorrufen soll:

- Pegelkarten: Farbpalette = rot-gelb-grün ≙ schlecht-mittel-gut
- Pegeldifferenzkarten: Farbpalette = rot-weiß-blau ≙ lauter-unverändert-ruhiger

Die amtlich vorgeschriebenen Farben der DIN 18005-2 (1991) werden nicht verwendet, weil ihre Farbpalette (= blau-rot-orange-dunkelgrün-weißgrün) psycho-optisch weit weniger intuitiv zu verstehen ist (s.a. die Kritik von Engnath & Koch, 2001 und UBA, 2012a): Sie verbindet z.B. die höchsten Pegel mit blau (und nicht rot) und die niedrigsten Pegel mit dem hellsten Grünton (und nicht dem dunkelsten).

6.2 Standardmodell für Straßen – STR

6.2.1 Charakteristika und Optimalwerte des Standardmodells zu HEplus

Das **Standardmodell** lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Sämtliche Parameter besitzen *Optimal*werte[399]
- Es ist das derzeit *bestmögliche* Modell für HEplus – und damit auch für Hessen
- Standardmodell = ***alle* Straßen** sind Lärmquellen = **DTV0**, s. Kap. 6.6, S. 251

Tab. 44 gibt einen Überblick, welche Optimalwerte das Standardmodell verwendet und welche Parameterwerte in den Kapiteln 6.3 bis 6.6 untersucht werden.

Tab. 44: HEplus(STR): Parameterwerte des Standardmodells und der Parametermodelle.
Legende: „-" = Kein Parametermodell erstellt, da es sich nicht um einen Kern-Parameter handelt, s. Tab. 45
„&"= Kombination 2er Parameter. Die Nummern (Nr.) entsprechen denen der Tab. 40.

Nr.	Parameter	Standardmodell: optimaler Wert	Parametermodelle: untersuchte Werte
	Software-Einstellungen		
1	Max. Fehler maxF	2 dB	-
2	Max. Suchradius rs	4.000 m	-
3	Raster unter Häusern extrapolieren	JA	-
4	Rasterinterpolation	NEIN	-
5	Rasterfaktor	0,50	-
6	Max. Abschnittslänge Min. Abschnittslänge Min. Abschnittslänge	1.000 m 1,0 m 0 %	- - -
7	Projektion von … … Linienquellen … Gelände bei Max. Abst. Quelle-IP Suchradius um Quelle Suchradius um IP	 JA JA 100 m 50 m 50 m	 - - - - -
8	Min. Abschnittslänge bei Projektion berücksichtigt	JA	-
9	Geländemodell:		

[398] Anhang IV Nummer 4 END: „Für jeden dieser Zwecke bedarf es einer anderen Art von strategischer Lärmkarte." Die 5-dB-Klassen der END sind nur für die Datenberichterstattung an die EU-Kommission relevant.
[399] Es besteht aus dem vollständigen Satz optimaler Parameterwerte, der in Kap. 5 gesucht und gefunden wurde und dessen Werte in den Spalten 3 der Tab. 40 und Tab. 41 (S. 194 ff. und 208) aufgeführt sind.

Nr.	Parameter	Standardmodell: optimaler Wert	Parametermodelle: untersuchte Werte
	Triangulation Quellen/Gelände restliche Parameter	JA/JA NEIN	- -
10	Max. Reflexionsordnung n	1	0
11	Mehrfachreflexionszuschlag D_{refl}	NEIN	-
12	Reflektor-Suchradius … … um Quelle … um IP Max. Abstand Quelle-IP Min. Abstand IP-Reflektor Interpoliere ab/bis Min. Abstand Quelle-Refl.	 1.000 m 100 m 100 m 1 m 1.000 m/1 m 0,1 m	 - - - - - -
13	Rechenvorschrift	VBUS	-
14	IP-Höhe	4 m	-
15	Rasterweite Rw	25 m in Kap. 6 10 m in Kap. 7	2 m, 5 m 50 m 100 m 200 m 500 m 1.000 m
16	Kachelgröße (PCSP)	4.000 m	20.000 m, *ohne* Bedeutung für die Analysen
17	Multithreading	JA	-
	geometrische Vereinfachungen		
18	DGM	JA: 25-m-BKG-DGM, ausgedünnt: 2 m	ohne DGM, ohne ALK & ohne DGM
19	Gebäudegeometrie Gebäude < x m² löschen	NEIN NEIN	ohne ALK
20	Straßengeometrie	NEIN	-
21	Regelquerschnitt RQ	JA, alle 3,5	-
22	Lärmschutzwände LSW	NEIN	-
24	alle Objekte auf DGM legen	JA	-
25	Tunnel und Brücken	JA: Die Objekte werden generell *nicht* berücksichtigt	-
26	Einschnitte und Dämme		-
27	Gebäude außerhalb Hessens		-
28	LSW außerhalb Hessens		-
	attributive Vereinfachungen		
29	Gebäudehöhe h = $h_{pauschal}$	8 m	-
30	Absorptionsgrad der Gebäude	0,37	-
31	Steigung g aus DGM berechnen Steigung beschränken	JA ≤ |±8 %|	-
32	DTV – Grundlage: Realwerte aus	SVZ 2005	-
	DTV – Gemeindestr., Pauschalwert =	500 Kfz/24h	200 Kfz/24h
	DTV – Rest, Pauschalwerte =	Q90	Q25, Q50, Q75
	DTV – DTV-Schwelle $DTV_{Schwelle}$ = in Kfz/24h	0 ≙ *alle* Straßen berücks.	501, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 8.000, 16.000 und ohne Pauschalwerte: „SVZ 2005“, 8.000 u. 16.000
33	restliche Straßenattribute	VBUS-Pauschalwerte, s.a. Tab. 28, S. 149 und Tab. 29, S. 150	-

Vereinfacht ist das **Standardmodell** durch **11 Kern-Parameter** beschreibbar (Tab. 45).

Tab. 45: Kern-Parameter von HEplus: optimale und ideale Werte, Rechenzeit und Qualität.
Legende: „Rechenzeit verkürzt" = Verkürzung der Rechenzeit, wenn der optimale den idealen Wert ersetzt. „Qualität dL ≤ 1 dB" = Prozent der Pegel, die bei optimalem und idealem Wert bis auf 1 dB übereinstimmen. Die Farben und Nummern (Nr.) entsprechen denen der Tab. 40 u. Tab. 44 (S. 193 ff. und oben). „Einwohner pro Gebäude" spielt nur für die Fassadenpegel (FAS) bzw. Belastetenzahlen (VBEB) eine Rolle und ist hier aufgelistet, weil der angegebene Optimalwert beim Ranking der Gemeinden (s. Anhang) verwendet wird.

Nr.	Kern-Parameter	optimaler Wert im Standardmodell	idealer Wert	Rechenzeit verkürzt	Qualität dL ≤ 1 dB	Analyse in Kapitel
18	DGM = Gelände	25-m-BKG-DGM, ausgedünnt: 2 m	5-m-Laser-DGM *oder besser*	8,4-112,4	93,9 %	6.3, S. 219
19	ALK = Gebäude	$h_{pauschal}$ = 8 m	*reale* Höhen h_{real}	1,0	90,9 %	6.3, S. 219
15	Rasterweite	Rw = 10 m bzw. 25 m	~ 2 m	1/Rw²	-	6.4, S. 235
32	DTV-Wert: Grundlage Gemeindestraßen Rest: pauschal	SVZ 2005 500 Kfz/24h Q90	= optimal *reale* DTV-Werte *reale* DTV-Werte	1,0	-	6.5, S. 243
32	DTV-Schwelle	$DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h ≙ alle Straßen	= optimal	1,0	-	6.6, S. 251
1	Max. Fehler	maxF = 2 dB	0 dB	7,5	97,8 %	*Keine* Parameterstudien, da bereits in WI untersucht
2	Max. Suchradius	r_S = 4.000 m	~ optimal; 6.000 m	3,1	99,2 %	
7	Projektion an …	s. Tab. 40, Nr. 7		6,3-14,5	99,9 %	
10	Reflexionsordnung	n = 1	> 1	15,6 (n = 2)	95,2 %	
17	Multithreading	JA	JA, max. Kerne	8/Kerne	100,0 %	
-	Einwohner pro Gebäude	*pauschal* nach Gebäudefläche u. -lage, s. Fußnote 510, S. 281 = *gemeinde*genau	*reale* Einwohner pro Gebäude = *haus*genau	1,0	-	*Keine* Parameterstudien. Verwendung: für Ranking im Anhang, S. 370

Die nachfolgenden Kapitel 6.3 bis 6.6 beschreiben, wie sich die 5 erstgenannten Kern-Parameter (Nr. 18, 19, 15 und 2 × 32) auf die Lärm- und Ruhekarten auswirken.

6.2.2 Vergleich der Modelle HEplus (~Hessen) und SonBase (Schweiz)

Um HEplus besser einordnen zu können, vertieft Tab. 46 den in Tab. 5 (S. 70) begonnenen Vergleich zwischen HEplus und dem (bisher) weltweit größten Akustik-Modell **SonBase**, mit dem die gesamten Schweiz kartiert wurde (BAFU, 2009a, 2009b; DataKustik, 2009).

Tab. 46: Vergleich wesentlicher Parameter: HEplus und SonBase (Lärmkartierung der Schweiz).
Legende: Farben = bedeutsame Unterschiede: grün-gelb-rot = HEplus ist besser-unklar-schlechter.

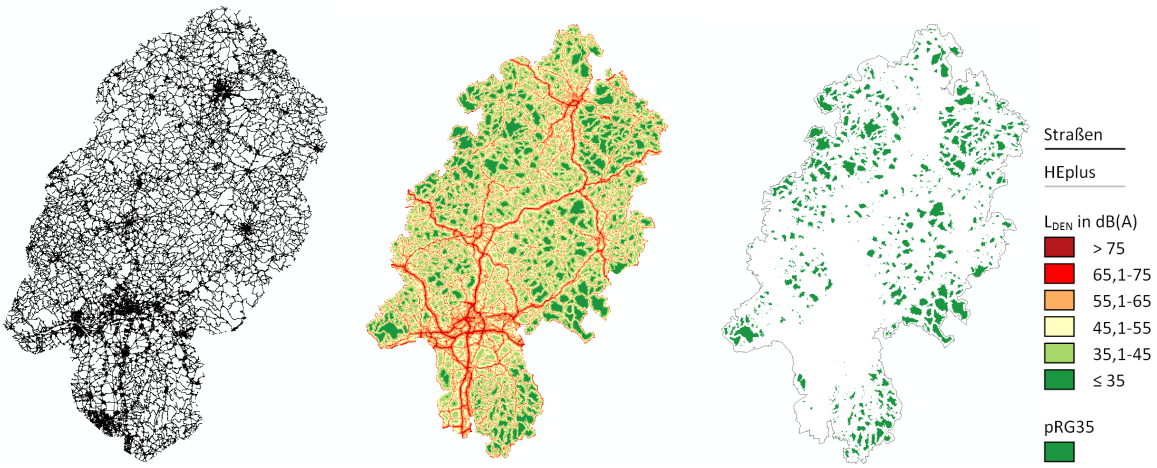
Nr.	Parameter	HEplus ~ Hessen	SonBase = Schweiz
	Organisation		
1	GIS und Datenmanagement	ArcGIS: fGDB	ArcGIS: ArcSDE (Oracle)
2	Akustik-Software	CadnaA	CadnaA
3	GIS-Akustik-Integration	Nein	Ja
4	Anzahl der Bearbeiter	1 Person	k.A.
5	Fläche des Modellgebietes	28.592 km²	41.000 km²
6	Anzahl vollständig berechneter Modelle	ca. 100	k.A.
	Schallquellen		
7	Lärmarten	STR: 57.897 km SCH: 3.973 km FLG: 1	STR: 76.504 km SCH: 3.000 km FLG: 70
8	Berücks. werden: *alle* STR, *alle* SCH, *alle* FLG	Ja, Ja, Nein	Ja, Ja, Ja

9	Gesamt-lärm	= Mehrfachbelastung	Ja	Ja
10		= wirkungsgerechte Pegeladdition	Ja	Nein
11	DTV-Werte	Schwellenwerte	Nein: $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h	Nein: $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h
12		Grundlage: reale Daten	Verkehrszählung 2005	Verkehrsmodell 2004
13		Rest: Pauschalwerte	Q90, G500	default-Werte (k.A.)
Genauigkeit der Eingangsdaten				
14	2D-Genauigkeit bei ALK, DGM, STR etc.		±5 m[400]	±8 m
15	Brücken berücksichtigt		Nein	Nein
Gebäude und Einwohner				
16	pauschale Gebäudehöhen		Ja: 8 m	Ja: 9 m
17	pauschale Einwohner pro Gebäude		Ja: gemeindegenau	Nein: hausgenau
Software-Einstellungen				
18	Rasterinterpolation		Nein	Ja: 17x17
19	Projektion von Linienquellen/Gelände		Ja/Ja	Nein/Nein
20	Max. Fehler maxF		2 dB	1 dB
21	Rasterweite Rw		10 m	10 m
22	Max. Reflexionsordnung n		1	0
23	Max. Suchradius rs		4.000 m	1.000 m

Aus den Vor- und Nachteilen beider Modelle, die hier nicht weiter diskutiert werden müssen, folgt als gemeinsames Ziel: „Die jeweils roten Felder sind grün zu machen".

6.2.3 Lärm- und Ruhekarten für Straßenlärm – STR

HEplus enthält *alle* Straßen und liefert daher eine vollständige Bestandsaufnahme der Lärm- und Ruhesituation (Abb. 34), d.h. eine Lärm- *und* Ruhekarte i.S. von Tab. 42 (S. 211). Dieser lassen sich *alle* pRG35 entnehmen, die es in Hessen plus Außenbereich gibt.



a) Straßen *b) L_{DEN}* *c) pRG35* *d) Legende*

Abb. 34: Straßennetz, L_{DEN} und pRG35 für HEplus.

Das Straßennetz ist in ganz MoG dargestellt, hingegen L_{DEN} und pRG35 naturgemäß nur in ReG.

[400] HEplus: Das Ausdünnen des 25-m-BKG-DGM mit 2 m (s.S. 161 und 201) verringert die Original-Genauigkeit von ±3 m auf etwa ±5 m (s.S. 143: Tab. 24, Nr. A2).

Erwartungsgemäß gelten folgende Zusammenhänge:

- schwarze Straßenquellen ≙ rote L_{DEN}-Flächen ≙ lauteste Flächen[401]
- weiße, straßenfreie Bereiche ≙ grüne L_{DEN}-Flächen ≙ ruhigste Flächen = pRG35

Daher kommt die **einfachste Lärmkartierung** mit **Straßenatlas und Textmarker** aus:

1) Markiere die Straßen ⇨ hohe Lärmbelastungen
2) Markiere die straßenfreien Flächen ⇨ große und hochwertige pRGx

Die Methode entspricht den später noch behandelten Lärmkorridoren (S. 225).

Für den Straßenlärm (STR) in HEplus folgt aus den Rohdaten der Abb. 34b und c:

- Wertebereich von L_{DEN}(STR) **-15 dB(A) bis +103 dB(A)**
  - Kein einziger NoData-Pegel existiert im Standardmodell (DTV0)
  - Kein Punkt in *Hessen* ist weiter als 3.600 m von einer Straße entfernt[402]
- Gesamtfläche der pRG35 in Hessen + Außenbereich **= 2.964 km²**
  ≙ 12,7 % von HEplus
- Gesamtfläche der pRG35 in Hessen **= 2.526 km²**
  ≙ 12,0 % von Hessen

Angaben zu anderen Modellen finden sich in Kap. 6.3.4 (S. 228), insb. in Tab. 50.

6.3 Einfluss der Gebäude und des Geländes

Wie sich unterschiedliche Gebäude*höhen* oder DGM auf L_{DEN} auswirken, hat bereits das Modell WI gezeigt (s. Tab. 40, S. 194). Dabei blieb der abschirmende Charakter der beiden Hindernisarten unangetastet[403], lediglich die Hindernishöhen variierten in einem plausiblen Wertebereich. Im Gegensatz zu diesen „kleinen" Höhen-Variationen wird nun untersucht, was im Extremfall völlig verschwindender Hindernisse – alle Höhen h = 0 m – geschieht. Dazu werden aus dem HEplus-Standardmodell (= Standard = DTV0) die 3 Parametermodelle

- **ohne Gebäude = ohne ALK**
- **ohne Gelände = ohne DGM**
- **ohne Gebäude und ohne Gelände = ohne ALK & ohne DGM ≝ „ohne ohne"**

durch Löschen der jeweils angegebenen Hindernisobjekte abgeleitet. Alle anderen Parameter bleiben unverändert.

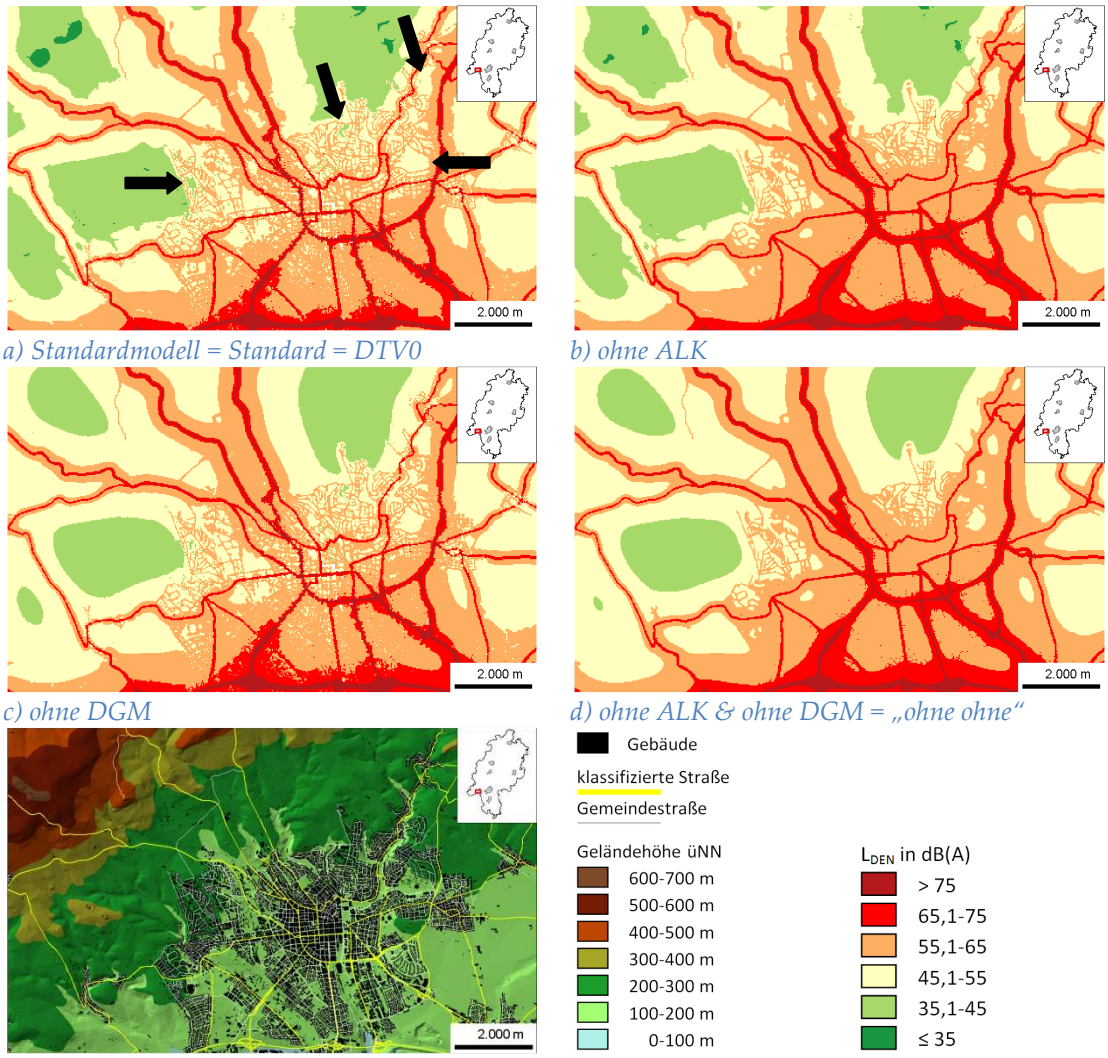
Die nächsten Abschnitte behandeln erst einige grundlegende Effekte am Beispiel von Wiesbaden und beschreiben danach, wie sich ALK und DGM qualitativ und quantitativ[404] auf die pRG35 in HEplus auswirken.

6.3.1 Allgemeine Bedeutung von ALK und DGM

Um zu veranschaulichen, welche Effekte überhaupt auftreten, wenn ALK oder DGM entfallen, werden anschließend für alle 4 Modelle (s.o. + DTV0) folgende Karten präsentiert:

- die Lärm- und Ruhekarten: L_{DEN} – in Abb. 35
- die Pegeldifferenzkarten: dL_{DEN} – in Abb. 36

[401] Zur Wortwahl von „laut" und „ruhig", siehe Fußnote 59, S. 74.
[402] Kein einziger NoData-Pegel bedeutet, dass ein Suchradius von r_S = 4.000 m für jeden IP zumindest eine Straße als Schallquelle findet. Eine genauere Auswertung ergibt die bereits auf S. 214 erwähnten **3.600 m**.
[403] Ausnahme: s.S. 206: Tab. C, Nr. 1.
[404] Siehe Tab. 50 bis Tab. 52 (S. 230 ff.).



a) Standardmodell = Standard = DTV0 *b) ohne ALK*

c) ohne DGM *d) ohne ALK & ohne DGM = „ohne ohne“*

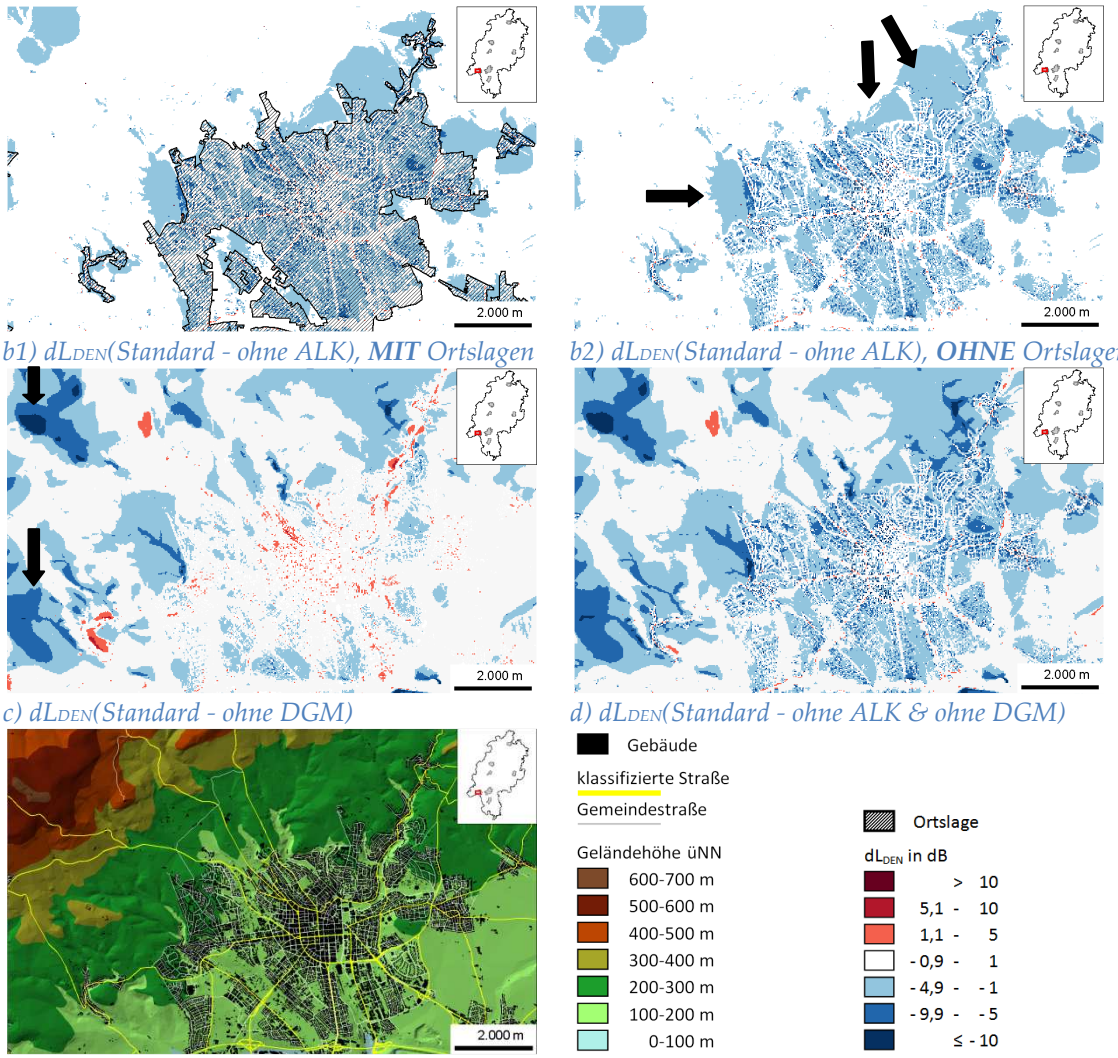
e) Gebäude, Gelände und Straßen *f) Legende zu e)* *… zu a) bis d)*

Abb. 35: Stadt Wiesbaden: Einfluss von ALK und DGM – Lärm- und Ruhekarten.

Die nachstehenden Pegeldifferenzkarten zeigen die Größe

- dL_{DEN} = dL_{DEN}(Standard - Parametermodell)
  = dL_{DEN}(Standardmodell - Parametermodell)
  = L_{DEN}(Standardmodell) - L_{DEN}(Parametermodell)

$dL_{DEN} < 0$ dB (= blau in Abb. 36) bedeutet, dass es dort im Standardmodell aufgrund der vorhandenen Hindernisse „ruhiger“ ist als im Parametermodell ohne Hindernisse.



*b1) dLDEN(Standard - ohne ALK), **MIT** Ortslagen* *b2) dLDEN(Standard - ohne ALK), **OHNE** Ortslagen*

c) dLDEN(Standard - ohne DGM) *d) dLDEN(Standard - ohne ALK & ohne DGM)*

e) Gebäude, Gelände und Straßen *f) Legende zu e)* *… zu b1) bis d)*

Abb. 36: Stadt Wiesbaden: Einfluss von ALK und DGM – Pegeldifferenzkarten.
Auch „unter Häusern extrapolierte" Raster (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 3) sind „weiß" dargestellt.

Tab. 47 fasst die von ALK und DGM ausgehenden Einflüsse zusammen. Das geschieht getrennt für den Siedlungs- und Freiraum (= Ortslagen[405] und *Nicht*-Ortslagen), weil beide völlig verschiedene akustische Topologien besitzen (Nr. 6a u. 11a, s.a. S. 136). Die Ergebnisse lassen sich von Wiesbaden auf HEplus verallgemeinern (wichtige Ausnahme: Nr. 9).

---

[405] Nomenklatur: **Ortslage** ist eine „... im Zusammenhang bebaute Fläche mit einer Ausdehnung von mindestens etwa 10 ha oder 10 Anwesen." (ATKIS, 2004, S. 21.01) und in den Geobasisdaten enthalten (s.S. 143: Tab. 24, Nr. A5). Aus rein akustischen Gründen lassen sich als Faustformeln folgende 2 Gleichsetzungsketten bilden (s.u. die Legende):

Ortslage	~ Gebäude & Straßen	~ bebaut	~ Innenbereich	~ Siedlung	~ **Siedlungsraum**	➔ **Ballungsraum**
***Nicht*-Ortslage**	~ Wald & Flur	~ unbebaut	~ Außenbereich	~ Vegetation	~ **Freiraum**	➔ **Land**

Legende: „~" = akustisch synonyme Begriffe, allerdings nur in 1. Näherung und nur im hier betrachteten Kontext
„➔" = akustisch *nicht* synonyme Begriffe, sondern der jeweils am besten passende Begriff aus der END
Gründe für die nicht gegebene Synonymie (s.a. Kap. 6.4.1, S. 235, insb. 236 f.):
a) Ballungsräume sind nur eine kleine Teilmenge des gesamten Siedlungsraumes
b) Ballungsräume enthalten auch (kleinere) Freiräume
c) „Land" (= *Nicht*-Ballungsräume) umfasst alle Freiräume *und* alle Siedlungsräume außerhalb von Ballungsräumen – zu den Spannungen zwischen END-Begriffen und akustischer Situation: s.S. 237.

Die Landesfläche von **Hessen** teilt sich wie folgt auf: **9 %** Siedlungsraum ~ Ortslagen ⇔ **91 %** Nicht-Ortslagen ~ Freiraum.

Tab. 47: Einfluss von ALK und DGM im Siedlungs- und Freiraum – Wiesbaden.

Nr.	Bereich	Merkmal	Modell	
			ohne ALK = nur mit DGM	**ohne DGM** = nur mit ALK
			Wie wird das „Merkmal" durch DGM bzw. ALK beeinflusst?	
1	**Siedlungsraum ~ Ortslage**	Lärmteppich vorhanden?	JA, nur durch DGM und Verteilung der Straßenquellen leicht moduliert	NEIN
2		Straßenbereiche	unverändert, z.T. sogar „ruhiger" (s.u.)	unverändert
3		Innenhöfe	i. Allg. ca. ~10 dB „lauter"[406]	vereinzelt bis max. ~2 dB „ruhiger"
4		**pRG55** und **pRG45** (Feinstrukturen)	verschwinden alle, kein einziges pRG55 im Zentrum[407]	unverändert
5		ohne Hindernisse „ruhiger"	JA, vereinzelt bis max. ca. 2 dB im Straßenbereich, s.o.[408]	JA, vereinzelt bis max. ca. 7 dB, s.o., s. Abb. 36: rote „Farbflecke"[409]
6a		Akustik	Ortslagen-Fläche klein ⇨ DGM nahezu eben ⇨ Höhe(DGM) ≪ Höhe(ALK)	
6b		Wichtigkeit	ALK wichtiger als DGM	
6c		Faustformel	Kartierung „ohne DGM" *kann* ausreichen	
7	**Freiraum ~ *Nicht*-Ortslage**	Nahbereich um Ortslagen	„lautere" Bereiche verschwinden nach einigen 100 m, s. Abb. 36b2, Pfeile	i. Allg. nicht anders als weiter außerhalb (Nr. 8), abhängig vom DGM
8		weiter außerhalb	unverändert	großflächig bis 12 dB „lauter" – und das v.a. in den pRG35 und pRG45[410]
9		**pRG35**	weiter vorhanden, kleinere Fläche	*verschwinden alle*, was aber **nicht verallgemeinerbar** ist: s. Abb. 37c/Abb. 38c ⇨ allg.: *kleinere* Fläche
10		**pRG45**	unveränderte Fläche, gleiche Form und Qualität, kleinerer pRG35-Kern	kleinere Fläche, geglättete Form, kein pRG35-Kern
11a		Akustik	*Nicht*-Ortslagen-Fläche groß ⇨ DGM ausgeprägt ⇨ Höhe(DGM) ≫ Höhe(ALK)	
11b		Wichtigkeit	DGM wichtiger als ALK	
11c		Faustformel	Kartierung „ohne ALK" *kann* ausreichen	
12	**allgemein**	Wo hohe Fehler? = Farbflächen	im Siedlungsraum = in den Ortslagen	im Freiraum = in den *Nicht*-Ortslagen

Ohne Gebäude *und* ohne Gelände (= **ohne ALK & ohne DGM,** Abb. 35d und Abb. 36d) „addieren" sich die Einzeleffekte. Deshalb sehen die zugehörigen Karten

- im Siedlungsraum wie „ohne ALK" aus
- im Freiraum wie „ohne DGM" aus

Das Modell muss daher anschließend nicht weiter diskutiert werden.

---

[406] Beim Vergleich mit Nr. 29 in Tab. 40 (S. 194) ist zu beachten, dass dort die Pauschalhöhe 10 m beträgt, hier hingegen 8 m.

[407] Im Standardmodell sind pRG**45** und *vor allem* pRG**55** noch relativ häufig in den Innenhöfen des Zentrums, im Schatten großer Gebäudekomplexe und auf größeren innerstädtischen Freiflächen zu finden. Beispiele:
a) Gebäudekomplexe = die 2 li. Pfeile in Abb. 35a: pRG45 als grüne Flächen
b) Freiflächen = die 2 re. Pfeile in Abb. 35a: pRG55 als gelbe Flächen, oben/unten: L_{DEN} ~ 50-52 dB(A)/48 dB(A)
Beachte: Typische Fläche eines einzelnen pRG55 um die Innenstadt herum: **ca. 0,1-1 ha**. Anteil der pRG55 an der Gesamtfläche aller **15 Ortslagen** der Stadt Wiesbaden (s. Abb. 36b1): **21,3 %**. Zum Vergleich: **40,8 %** pRG55 in ganz Wiesbaden (WI).

[408] Grund: Ohne Gebäude entfallen die pegelerhöhenden Reflexionen.

[409] Grund: Wenn im Standardmodell neben einer Straße Gebäude liegen *und* hinter diesen das DGM ansteigt, dann werden IP, die sich oben auf dem Hang befinden vom Direktschall getroffen, weil der Schallstrahl ungehindert über die Gebäude zum IP gelangt. Wird das DGM entfernt, werden die IP unmittelbar hinter die Gebäude – die „ohne DGM" ja unverändert erhalten bleiben – abgesenkt und der Schallstrahl wird durch sie abgeschirmt. Deshalb kann im Parametermodell L_{DEN} um **bis zu 7 dB** kleiner ausfallen (dL_{DEN} = **+7** dB). Die Effekte sind lokal begrenzt, weil solche Konstellationen selten auftreten.

[410] Grund: Wenn Geländeanhöhen (Hügel, Berge), die zwischen einer Straße und einem benachbarten, *straßenfreien* Tal liegen, *wegfallen*, kann der vorher durch die Anhöhen sehr gut abgeschirmte Direktschall ungehindert ins Nachbartal gelangen und dort großflächig zu hohen Pegelanstiegen führen (s. Pfeile in Abb. 36c und auch Abb. 36d – Details in Abb. 41, S. 232). Das beeinträchtigt die pRGx zwar erheblich, zerstört sie aber nicht. Täler *innerhalb* von Ortslagen sind davon kaum betroffen, weil dort fast immer Gebäude und Straßen existieren.

6.3.2 Einfluss von ALK und DGM auf die pRG35 im Freiraum

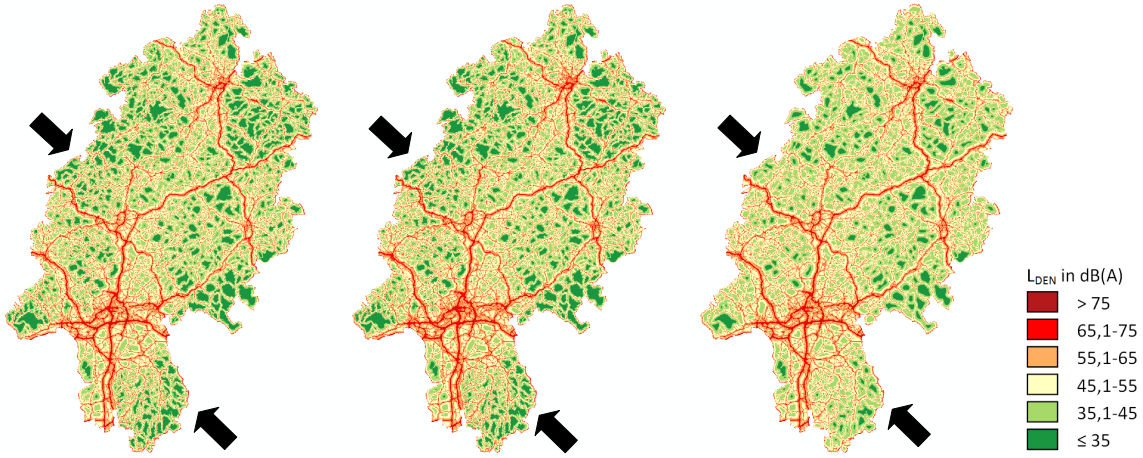
Wie sehr die pRG35 in ganz HEplus von den Parametern ALK und DGM abhängen, lässt sich rein qualitativ veranschaulichen, indem man für die 3 Modelle[411]

- Standard
- ohne ALK
- ohne DGM

folgende Kartensätze betrachtet:

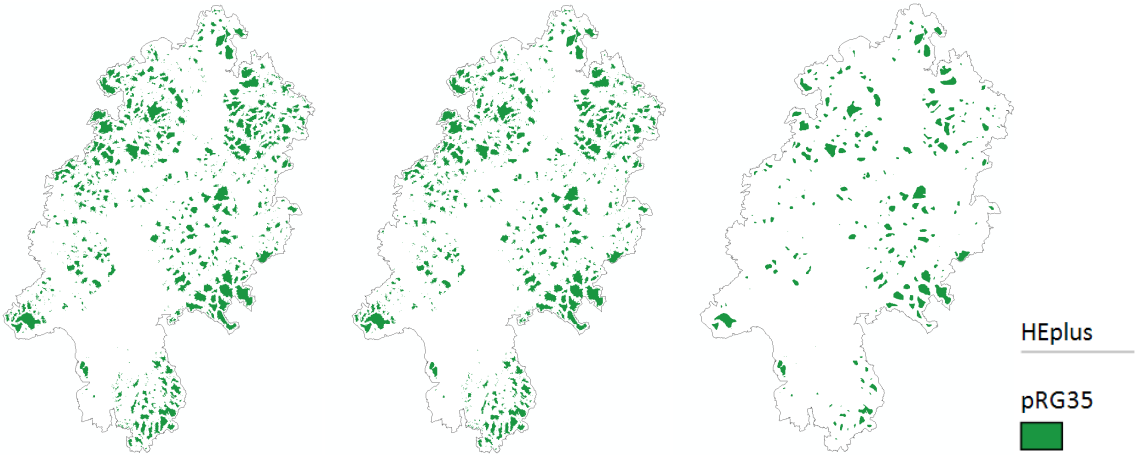
- die Lärm- und Ruhekarten – Abb. 37
- die daraus abgeleiteten pRG35-Karten – Abb. 38
- die Pegeldifferenzkarten – Abb. 39

Die Ausführungen zu den Karten beschränken sich auf die großen pRG35 des Freiraumes, weil der gewählte Maßstab keine Aussagen für Siedlungsräume zulässt.



a) Standard *b) ohne ALK* *c) ohne DGM* *d) Legende*

Abb. 37: HEplus: Standard, ohne ALK sowie ohne DGM – Lärm- und Ruhekarten



a) Standard *b) ohne ALK* *c) ohne DGM* *d) Legende*

Abb. 38: HEplus: Standard, ohne ALK sowie ohne DGM – pRG35.

Trotz des kleinen Kartenmaßstabs lassen sich bereits in Abb. 37 mit bloßem Auge gravierende Unterschiede zwischen „Standard“ und „ohne DGM“ erkennen (s. Pfeile in Abb.

[411] „Ohne ALK & ohne DGM“ wird nicht betrachtet, s.o., letzter Absatz in Kap. 6.3.1.

37). Dagegen scheinen „Standard“ und „ohne ALK“ identisch zu sein. Die pRG35-Karten (Abb. 38) zeigen das noch deutlicher und führen auf die folgende Faustformel[412]:

- **Größere pRG35** (A ≳ 1 km²) sind auch **ohne Gebäude** (ohne ALK) gut **kartierbar**

Die Pegeldifferenzkarten zeigen auch hier wieder die Größe

- dL_{DEN} = L_{DEN}(Standardmodell) - L_{DEN}(Parametermodell)
  = „Standard - ohne ALK“ usw., als Abkürzung in Abb. 39

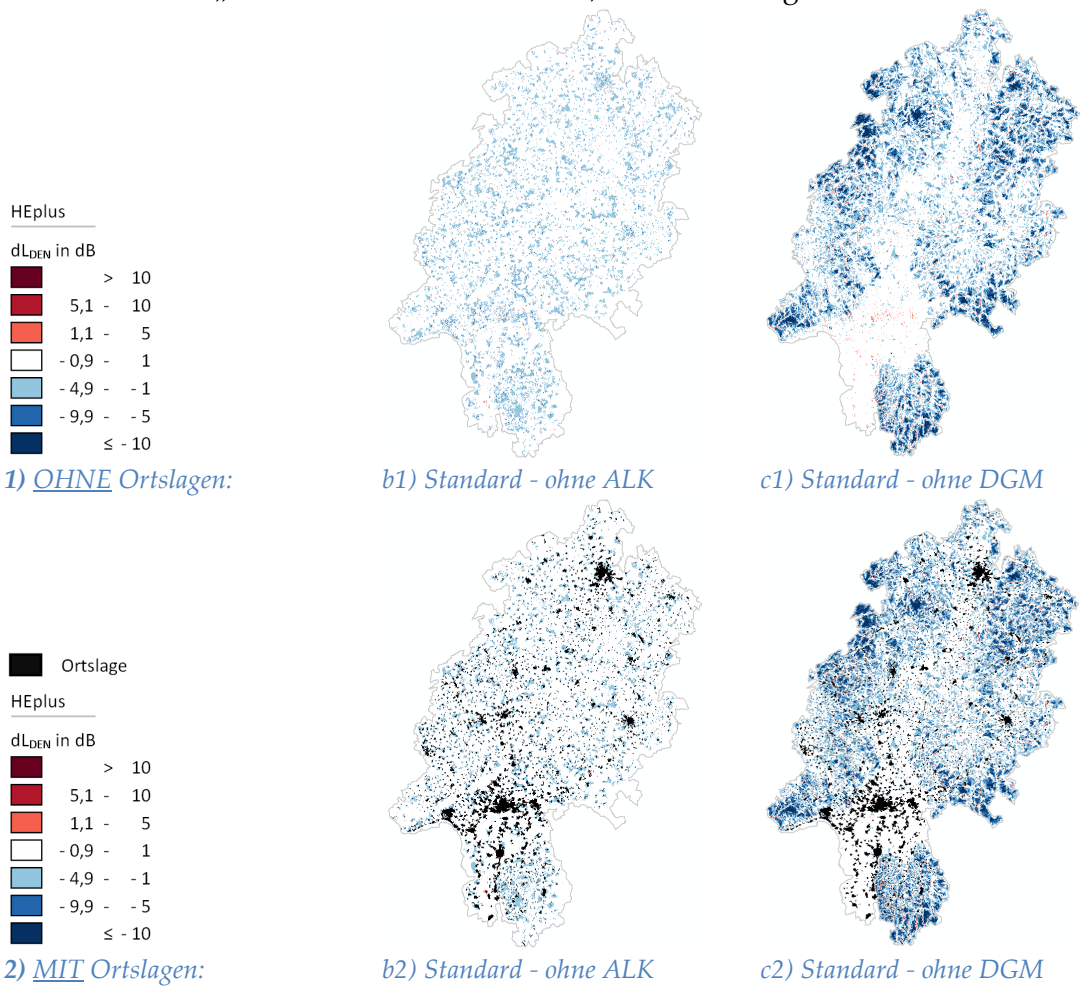


Abb. 39: HEplus: Standard, ohne ALK sowie ohne DGM – Pegeldifferenzkarten mit/ohne Ortslagen.

Wie verschieden ALK und DGM sind, verdeutlichen nicht nur die blauen Farben, sondern auch die dL_{DEN}-Mittelwerte (hier: für HEplus, OHNE die extrapolierten Pegel [Hessen]):

- dL_{DEN}(Standard - ohne ALK) = **-0,51 ± 1,11 dB**
- dL_{DEN}(Standard - ohne DGM) = **-1,74 ± 3,33 dB**
- dL_{DEN}(Standard - ohne ALK & ohne DGM) = **-2,25 ± 3,45 dB**

⇨ **„DGM wichtiger als ALK“** gilt für HEplus (~ Hessen) als Ganzes[413]

  - Gilt insb. im *Frei*raum, weil dieser 91 % von Hessen ausmacht

- **„ALK wichtiger als DGM“** gilt umgekehrt im *Siedlungs*raum (9 %), s. Tab. 48

[412] Bei der Aussage handelt es sich um eine Faustformel, weil sie nicht für jedes pRG35 mit A > 1 km² gilt, wohl aber für die meisten in HEplus, s.a. Kap. 6.3.4, S. 228, insb. Tab. 51, S. 232 und Kap. 8.3.3, S. 334.

[413] Die Mittelwerte bestätigen die Addition der Einzeleffekte, symbolisch: „ohne ohne“ = „ohne ALK“ + „ohne DGM“.

Lokal kann dL_{DEN} sehr viel größer als die Mittelwerte ausfallen, was an den vielen großen „weißen“ Flächen mit dL ~ 0 dB liegt, die den Mittelwert „nach unten ziehen“ (s. Karten und die hohen Standardabweichungen).
Hohe Pegeldifferenzen (= blaue Flächen) treten immer dort auf, wo die abschirmende Wirkung der jeweiligen Hindernisart besonders groß ist:

a) Wo viele Gebäude liegen = im Siedlungsraum – Abb. 39b
b) Wo viele Berge und Täler liegen = im Freiraum – Abb. 39c

Berge und Täler können aber nur dann hohe Pegeldifferenzen verursachen, wenn sie eine hinreichend große Fläche bedecken *und* durch diese keine Straße hindurchführt (s. Kap. 6.3.1). Beide Bedingungen – große Fläche und keine Schallquelle – sind aber genau jene Kriterien, die ein besonders großes und besonders ruhiges Gebiet (~ pRG35-Großgebiet) erwarten lassen. Das führt auf folgenden Zusammenhang (vgl. Abb. 39c mit Abb. 38a/b):

- *hohe* dL_{DEN} = blaue Farben ≙ grüne Farben = *niedrige* L_{DEN} = pRG35

Es scheint zunächst paradox, dass sich die besonders ruhigen pRG35 auch in den Parametermodellen genau dort befinden, wo der Lärm am stärksten zunimmt. Erklären lässt sich das folgendermaßen: Obwohl die Pegelzunahmen dL_{DEN} hoch ausfallen, sind sie angesichts des niedrigen Pegelniveaus in den pRG35 nicht hoch genug, um alle Pegel über die 35 dB(A)-Schwelle anzuheben – die pRG35 bestehen fort, wenn auch deutlich verkleinert (Tab. 50, S. 230).

Tab. 48 fasst die bisherigen Ergebnisse zusammen.

Tab. 48: Lassen sich hochwertige pRGx mit den Modellen „ohne ALK“ und „ohne DGM“ kartieren?

Bereich	**Akustik-Modell**	
	ohne ALK = nur mit DGM	**ohne DGM** = nur mit ALK
	Lassen sich hochwertige pRGx mit den Modellen kartieren (= finden)?	
Siedlungsraum ~ Ortslage	**Nein** Der entstehende „Lärmteppich“ zerstört bis auf wenige Ausnahmen *alle* Feinstrukturen. Keine pRG35 mehr vorhanden, pRG45 selten.	**Ja-Nein, je nach DGM** pRGx bleiben z.T. unverändert, z.T. werden sie kleiner o. ganz zerstört.
Freiraum ~ *Nicht*-Ortslage	**Ja** Größere pRGx (A ≳ 1 km²) werden nur *etwas* verändert, Feinstruktur bleibt erhalten. Kleine pRGx sind *z.T.* noch gut zu identifizieren.	**Ja-Nein, je nach DGM** Größere pRGx (A ≳ 1 km²) werden *viel* kleiner u. besitzen *keine* Feinstruktur mehr. Kleine pRGx (A ≲ 1 km²) werden zerstört.

6.3.3 Lärmkorridore

Lärmkorridore vereinfachen selbst einfache Akustik-Modelle wie „ohne ALK & ohne DGM“ noch weiter, indem sie keine individuell berechneten Pegelraster liefern, sondern Ja-Nein-Aussagen (s. Kap. 2.1.2, S. 81):

- für *kleine* Entfernungen $r < r_x$ ⇨ **verlärmtes Gebiet** [= Korridor] mit $L > L_x$
- für *große* Entfernungen $r \geq r_x$ ⇨ **ruhiges Gebiet** [= *Nicht*-Korridor] mit $L \leq L_x$

Darin bedeuten:

- L_x = x dB(A) = Immissionspegel, der die Qualität x der gesuchten pRGx vorgibt
- L = L(r) = tatsächlicher Immissionspegel in der Entfernung r
- r = Entfernung von der bei r = 0 m befindlichen Schallquelle (hier: Straße = STR)
- r_x = $r_{Korridor}$ = *einseitige* Korridorbreite, r_x = Funktion von x (L_x) und L_{mE}(STR)
- (Lärm)Korridor = Fläche, die sich *zu beiden Seiten* der Straße (r = 0 m) bis zur Entfernung r_x erstreckt und für die gilt: Gesamtbreite = 2 × r_x

Lärmkorridore beruhen wie Akustik-Modelle auf Schallausbreitungsberechnungen (VBUS & Co). Diese werden allerdings durch zusätzliche Pauschalwerte stark vereinfacht:

- Ausgangspunkt: Emissionspegel $L_{mE} = L_{mE}(D_{StrO}, RQ, v_{Pkw}, v_{Lkw}, p, g, DTV)$[414]
- bisherige Pauschalwerte – auch in den Akustik-Modellen zu HEplus verwendet:
  - $D_{StrO} = 0$ dB
  - RQ = 3,5
- *zusätzliche* Pauschalwerte für Lärmkorridore:
  - g = 0
  - v_{Pkw}, v_{Lkw} und p = VBUS-Pauschalwerte, je nach Widmung (WDM)
  - DTV = $DTV_{pauschal}$ = Qxx oder Gyyy, je nach WDM (s.a. Tab. 28, S. 149)
  - unendlich ausgedehnte Straße als Emissionsquelle
  - freie Schallausbreitung (s. Fußnote 78, S. 81)

Damit lassen sich die Korridorbreiten $r_x = r_{Korridor}$ nach folgender Anleitung ermitteln:

- Erstelle in CadnaA ein Akustik-Modell mit obigen Parameterwerten
- Wähle WDM
- Wähle Qxx = Qxx(WDM) oder Gyyy und setze DTV = Qxx oder Gyyy
- Setze auf einer Linie senkrecht zur Straße von r = 0-5.000 m alle 10 m einen IP
- Berechne $L = L_{DEN}$ für sämtliche IP
  - Genauer: $L = L_{DEN} = L_{DEN}(r) = L_{DEN}(r, WDM, Qxx \text{ oder } Gyyy)$
- Wähle x und damit L_x – z.B. x = 35 für die pRG35 und damit L_{35} = 35 dB(A)
- Suche denjenigen IP, für den gilt: $L_{DEN}(r) = x \text{ dB(A)} = L_x = L_x(r_x)$
- Lese den r-Wert ab, er entspricht der gesuchten Korridorbreite r_x

Tab. 49 enthält Korridorbreiten r_x für verschiedene Qxx- und Gyyy-Werte.

[414] Kap. 6 betrachtet ausschließlich STR. Deshalb wird L_{mE} nach VBUS berechnet und es gelten folgende Abkürzungen: D_{StrO} = Korrektur für unterschiedliche Straßenoberflächen, RQ = Regelquerschnitt, v_{Pkw} und v_{Lkw} = zulässige Höchstgeschwindigkeiten für Pkw und Lkw, p = Lkw-Anteil, g = Längsneigung, DTV = Durchschnittliche Tägliche Verkehrsmenge. Korridore lassen sich prinzipiell für alle Lärmarten aufstellen, siehe z.B. Kap. 8.2, S. 330 u. 340, dort auch für SCH u. FLG.

Tab. 49: L_{DEN}-Lärmkorridore: Einseitige Korridorbreiten als Funktionen von WDM, DTV u. pRGx.
Legende: WDM = Widmung = Autobahn, Bundes-, Landes-, Kreis- oder Gemeindestraße, DTV = Qxx oder Gyyy, Entfernungen = einseitige Korridorbreiten r_x, gemessen von der Mittelachse (r = 0 m) der Straße.

			***einseitige* Breite r_x des Lärmkorridors für L_{DEN} ⇨ für Entfernungen r ≥ r_x gilt: pRGx vorhanden**, weil $L_{DEN} \leq L_x$ = x dB(A)				
Qxx	**pRGx**	**L_x**	**Autobahn**	**Bundesstraße**	**Landesstraße**	**Kreisstraße**	**Gemeindestr.**
Q25			40.848 Kfz/24h	5.569 Kfz/24h	1.250 Kfz/24h	570 Kfz/24h	500 Kfz/24h
	pRG35	35 dB(A)	3.260 m	1.690 m	870 m	600 m	260 m
	pRG45	45 dB(A)	1.910 m	700 m	250 m	150 m	60 m
	pRG55	55 dB(A)	850 m	180 m	60 m	40 m	10 m
	pRG65	65 dB(A)	240 m	40 m	20 m	10 m	-
	pRG70	70 dB(A)	120 m	20 m	10 m	-	-
Q50			55.047 Kfz/24h	8.284 Kfz/24h	2.317 Kfz/24h	1.133 Kfz/24h	200 Kfz/24h
	pRG35	35 dB(A)	3.450 m	1.900 m	1.120 m	840 m	140 m
	pRG45	45 dB(A)	2.070 m	840 m	370 m	240 m	40 m
	pRG55	55 dB(A)	960 m	240 m	80 m	50 m	10 m
	pRG65	65 dB(A)	290 m	50 m	30 m	20 m	-
	pRG70	70 dB(A)	130 m	30 m	10 m	10 m	-
Q75			77.565 Kfz/24h	12.855 Kfz/24h	4.318 Kfz/24h	2.583 Kfz/24h	
	pRG35	35 dB(A)	3.680 m	2.140 m	1.400 m	1.170 m	
	pRG45	45 dB(A)	2.260 m	1.020 m	520 m	400 m	
	pRG55	55 dB(A)	1.110 m	320 m	120 m	90 m	
	pRG65	65 dB(A)	360 m	70 m	30 m	30 m	
	pRG70	70 dB(A)	170 m	40 m	20 m	10 m	
Q90			**107.667 Kfz/24h**	**21.233 Kfz/24h**	**7.447 Kfz/24h**	**3.974 Kfz/24h**	
	pRG35	**35 dB(A)**	**3.890 m**	**2.430 m**	**1.670 m**	**1.360 m**	
	pRG45	45 dB(A)	2.450 m	1.230 m	690 m	500 m	
	pRG55	55 dB(A)	1.250 m	430 m	180 m	120 m	
	pRG65	65 dB(A)	430 m	90 m	40 m	30 m	
	pRG70	70 dB(A)	210 m	50 m	30 m	20 m	

Mit Hilfe der Korridorbreiten, die für eine *einzelne* Straße gelten, lassen sich die pRGx für das *gesamte* Straßennetz in HEplus folgendermaßen kartieren:

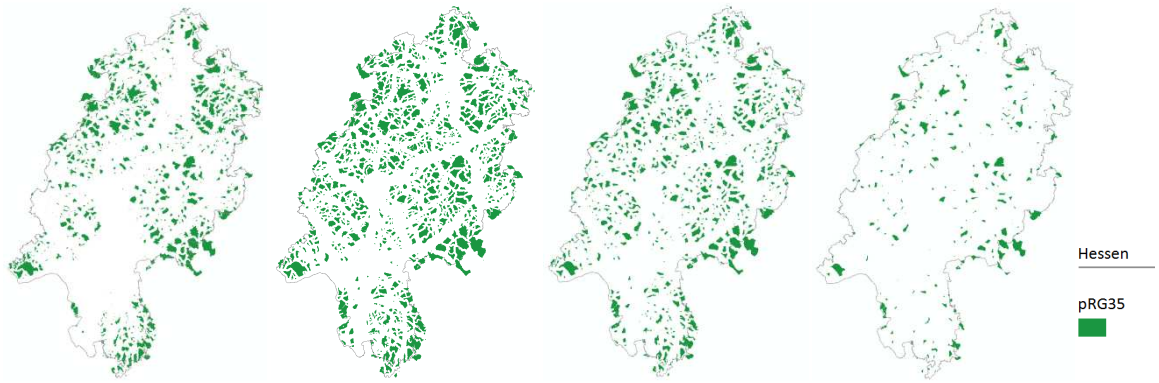
- Wähle Qxx und Gyyy, z.B. Q90 und G500
- Entnehme der Tab. 49 die widmungsspezifischen r_x-Werte
- Erzeuge in GIS um *jede* Straße einen **Lärmkorridor** der Breite $r_x = r_x$(WDM, Qxx)[415]

⇨ **pRGx** = alle Flächen, die von *keinem einzigen* Lärmkorridor überdeckt werden
= *Nicht*-Korridore

[415] Anmerkung 1: Sofern kein GIS verfügbar sein sollte, eignen sich notfalls auch CAD- oder Grafikprogramme. Im einfachsten Fall kommen sogar händisch/manuell via Textmarker erzeugte Korridore in Frage, s.S. 219.
Anmerkung 2: Sofern WDM nicht bekannt ist oder der Aufwand widmungsspezifischer Korridorbreiten (5 verschiedene r_x-Werte) gescheut wird, kann man auch um jede Straße einen von WDM und Qxx unabhängigen **Einheitskorridor** mit **r_x = konstant** legen. Ob das sinnvoll ist, lässt sich nur für den konkreten Anwendungsfall sagen.

Abb. 40 zeigt die pRG35

- des Standardmodells (DTV0)
- der Q25-, Q50- und Q90-Korridore (jeweils mit Gyyy = G500 ≙ 260 m)



a) Standard (Q90) *c) Q25-Korridore* *c) Q50-Korridore* *d) Q90-Korridore*

Abb. 40: Vergleich der pRG35: Standardmodell und Lärmkorridore mit Q25, Q50 und Q90.

Verglichen mit dem Standardmodell entstehen bei Q25-Korridoren mehr und größere, bei Q50- und vor allem Q90-Korridoren weniger und kleinere pRG35. Bei Q90 fallen die Korridorbreiten r_x aufgrund der hohen DTV-Werte so groß aus, dass kaum noch korridorfreie „grüne" Restflächen (pRG35) verbleiben. Die wenigen vorhandenen pRG35 sind auch im Standardmodell alle wiederzufinden, dort aber merklich größer.
Lärmkorridore reagieren viel sensibler auf den Parameter Qxx als Akustik-Modelle. Beispielsweise erhöhen sich die pRG35-*Flächen* beim **Übergang Q90 ➡ Q25** wie folgt:[416]

- in den Akustik-Modellen um **+ 33 %**
- in den Lärmkorridoren um **+500 %**

Q25-Korridore werden später für die pRG35 in Deutschland eingesetzt (s. Kap. 8.2, 330).

6.3.4 Modellvergleiche

Die Modellvergleiche untersuchen, wie gut die pRG**35** der 6 Parametermodelle

- ohne ALK, ohne DGM und „ohne ohne"[417] – 3 Akustik-Modelle
- Q25-, Q50- und Q90-Korridore – 3 Lärmkorridore

in Anzahl, Fläche und räumlicher Lage mit den pRG**35**

- des Standardmodells (DTV0) – 1 Akustik-Modell

übereinstimmen.
Andere Qualitäten als x = 35 werden aufwandsbedingt nicht betrachtet.

Überblick zu den Statistiken der Tab. 50, Tab. 51 und Tab. 52
Der Vergleich erfolgt über statistische Angaben zu folgenden Größen:

- Tab. 50 = *summativer* Vergleich:
  - Rechenzeit (~ Aufwand)
  - Gesamtanzahl und -fläche der pRG35 in Hessen und HEplus
  - pRG35-Fläche *in Hessen* i. Vgl. zur pRG35-Fläche *in HEplus* und *Landesfläche*
  - Anzahl und Gesamtfläche A_{ges} der pRG35, die in eine von 5 Flächenklassen fallen sowie die prozentualen Häufigkeiten für Anzahl und A_{ges}

[416] Quellen: a) Akustik-Modelle: s.S. 250. b) Lärmkorridore: s.S. 230: Tab. 50, Nr. 3: 3.662 km²/737 km² = 4,97 ~ 500 %.
[417] = „ohne ALK & ohne DGM", s.S. 219.

- Beachte: Für jedes Modell und jede Flächenklasse sind reine Summenwerte aufgeführt. Selbst wenn diese (nahezu) identisch sind, können sie durch pRG35 zustande kommen, die räumlich *nicht* deckungsgleich sind, sondern völlig woanders liegen. Für Abhilfe sorgen Tab. 51 und Tab. 52

- Tab. 51 = *individueller Lage*vergleich: **Kartierungs*erfolg*** durch Parametermodelle:
  - Prozent der pRG35, die im Parametermodell *am selben Ort* liegen wie im Standardmodell, d.h. pRG35 des Standardmodells, die das Parametermodell *lagegenau* erfasst (= Kartierungserfolg), d.h.
    - Prozent = „richtige" pRG35 im Parametermodell *bzgl.* der „richtigen" pRG35 im Standardmodell[418]
  - **Fehler 2. Art** = 100 % - Prozentwert aus Tab. 51 = Prozent der pRG35 des Standardmodells, die das Parametermodell *nicht* lagegenau erfasst
  - Beachte: Ein pRG35 gilt bereits dann als **erfasst**, wenn es von einem pRG35 der Parametermodells angeschnitten wird. In die Statistiken fließt dann seine gesamte Fläche ein – nicht die exakt lagegenaue Teilfläche
- Tab. 52 = *individueller Lage*vergleich: ***Fehl*kartierungen** durch Parametermodelle:
  - Prozent der pRG35 des Parametermodells, zu denen es kein pRG35 im Standardmodell gibt, d.h.:
    - Prozent = „falsche" pRG35 im Parametermodell *bzgl.* der „richtigen" pRG35 im Standardmodell[418]
  - **Fehler 1. Art** = Prozentwert aus Tab. 52 = Prozent der pRG35, die das Parametermodell fälschlich als pRG35 erfasst, obwohl sich dort im Standardmodell gar kein pRG35 befindet. Der Prozentwert bezieht sich auf die („richtigen") pRG35 des Standardmodells
  - Beachte: analog Tab. 51
- Die 3 Tabellen basieren auf folgenden Daten:
  a) Akustik-Modelle:
    - 25-m-Raster, nur „echte" Pegel[419]

  b) Lärmkorridore:
    - 25-m-Raster
    - pRG35 in zu a) deckungsgleiche Raster konvertiert[420]

  ⇨ pRG35-Flächen = ganzzahlige Vielfache von 625 m² = (25 m)² = Rasterfläche

Summativer Vergleich – Tab. 50

Der summative Vergleich ist Tab. 50 zu entnehmen (s. nächste Seite).

---

[418] „Richtig" wird dem Standardmodell lediglich deshalb als Adjektiv beigefügt, damit eine sprachliche Parallele zum korrespondierenden Adjektiv des Parametermodells besteht. Dadurch soll besser verständlich sein, was gemeint ist. Alle pRG35 des Standardmodells sind per se „richtig", weil es sich um das Referenzmodell handelt.

[419] „Unter Häusern extrapolierte" Pegel fließen bei den Modellen „Standard" und „ohne DGM" *nicht* in die Statistiken ein (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 3) – die restlichen 5 Modelle enthalten sowieso keine Häuser („ohne ALK"). Beachte: Die Statistiken MIT und OHNE extrapolierte Pegel unterscheiden sich nur um max. ~**1 %** (nicht Prozentpunkte), oft sogar deutlich weniger. Der Aufwand, die „Extrapolierten" zu eliminieren, wäre demnach gar nicht nötig gewesen.

[420] Bei den *Nicht*-Korridoren [= pRG35 der Lärmkorridore] handelt es sich ursprünglich um Polygone, die eine beliebige Form und Größe annehmen können und deren Flächen i. Allg. keine ganzzahligen Vielfache von 625 m² sind.

Tab. 50: HEplus: Summativer Vergleich von 4 Akustik-Modellen und 3 Lärmkorridoren bzgl. Rechenzeit und pRG35-Anzahl, -Fläche und -Anteil (Prozent).
Legende: Landesfläche = Fläche des Bundeslandes Hessen = 21.116 km², A_{ges} = Gesamtfläche der pRG35 in HEplus in km² pro Flächenklasse, pRG = pRG35.
Datengrundlage: HEplus, Rw = 25m, L_{DEN} OHNE extrapolierte Pegel. Zum Vergleich: s. Tab. 73, S. 307: dort Rw = 10 m ⇨ nur geringfügige Unterschiede.

		Modell													
		1		2		3		4		5		6		7	
		Akustik-Modell								Lärmkorridore					
Nr.	**Kriterium**	**Standard**		**ohne ALK**		**ohne DGM**		**„ohne ohne“**		**Q25-Korridore**		**Q50-Korridore**		**Q90-Korridore**	
1	Rechenzeit (~ Aufwand)	12,5 d		2,2 d		9,5 d		0,6 d		0,05 d		0,05 d		0,05 d	
2	pRG-Fläche in HEplus	2.964 km²		2.748 km²		1.320 km²		1.147 km²		3.662 km²		2.273 km²		737 km²	
3	pRG-Fläche in Hessen	2.526 km²		2.313 km²		1.130 km²		961 km²		3.056 km²		1.837 km²		540 km²	
4	pRG-Hessen/pRG-HEplus	85,2 %		84,2 %		85,6 %		83,8 %		83,4 %		80,8 %		73,3 %	
5	pRG-Hessen/Landesfläche	12,0 %		11,0 %		5,4 %		4,6 %		14,5 %		8,9 %		2,6 %	
pRG35-**Anzahl** in HEplus															
	Flächenklasse	**Anzahl**	**Prozent**	**Anzahl**	**Prozent**	**Anzahl**	**Prozent**	**Anzahl**	**Prozent**	**Anzahl**	**Prozent**	**Anzahl**	**Prozent**	**Anzahl**	**Prozent**
6	A = 625 m²	3.828	50,7 %	2.211	39,2 %	930	65,4 %	2	1,0 %	205	15,0 %	179	18,0 %	71	19,7 %
7	625 m² < A ≤ 10.000 m²	1.688	22,4 %	1.414	25,0 %	241	16,9 %	0	0,0 %	129	9,4 %	81	8,1 %	30	8,3 %
8	10.000 m² < A ≤ 1 km²	1.656	21,9 %	1.664	29,5 %	73	5,1 %	54	25,7 %	462	33,7 %	377	37,9 %	137	38,1 %
9	1 km² < A ≤ 10 km²	297	3,9 %	280	5,0 %	143	10,0 %	123	58,6 %	484	35,4 %	308	31,0 %	101	28,1 %
10	A > 10 km²	81	1,1 %	76	1,3 %	36	2,5 %	31	14,8 %	89	6,5 %	50	5,0 %	21	5,8 %
11	*Gesamtanzahl (Nr. 6-10)*	*7.550*	*100,0 %*	*5.645*	*100,0 %*	*1.423*	*100,0 %*	*210*	*100,0 %*	*1.369*	*100,0 %*	*995*	*100,0 %*	*360*	*100,0 %*
pRG35-**Fläche** A_{ges} [km²] in HEplus															
	Flächenklasse	**A_{ges}**	**Prozent**	**A_{ges}**	**Prozent**	**A_{ges}**	**Prozent**	**A_{ges}**	**Prozent**	**A_{ges}**	**Prozent**	**A_{ges}**	**Prozent**	**A_{ges}**	**Prozent**
12	A = 625 m²	2,4	0,1 %	1,4	0,1 %	0,6	0,0 %	0,0	0,0 %	0,1	0,0 %	0,1	0,0 %	0,0	0,0 %
13	625 m² < A ≤ 10.000 m²	5,8	0,2 %	5,2	0,2 %	0,5	0,0 %	0,0	0,0 %	0,5	0,0 %	0,3	0,0 %	0,1	0,0 %
14	10.000 m² < A ≤ 1 km²	205,0	6,9 %	205,1	7,5 %	33,6	2,5 %	25,9	2,3 %	141,8	3,9 %	126,0	5,5 %	43,7	5,9 %
15	1 km² < A ≤ 10 km²	1.108,9	37,4 %	1.007,5	36,7 %	551,6	41,8 %	479,1	41,8 %	1.725,4	47,1 %	1.085,3	47,8 %	298,9	40,5 %
16	A > 10 km²	1.642,0	55,4 %	1.528,6	55,6 %	733,3	55,6 %	641,5	56,0 %	1.793,9	49,0 %	1.060,9	46,7 %	394,6	53,5 %
17	*Gesamtfläche (Nr. 12-16)*	*2.964,1*	*100,0 %*	*2.747,8*	*100,0 %*	*1.319,6*	*100,0 %*	*1.146,6*	*100,0 %*	*3.661,7*	*100,0 %*	*2.272,6*	*100,0 %*	*737,3*	*100,0 %*
18	*Fläche des größten pRG35*	*63,8 km²*	*2,2 %*	*61,9 km²*	*2,3 %*	*47,6 km²*	*3,6 %*	*47,2 km²*	*4,1 %*	*79,4 km²*	*2,2 %*	*69,1 km²*	*3,0 %*	*48,0 km²*	*6,5 %*

Wichtige Daten und Aussagen der Tab. 50 – jeweils gültig für HEplus – sind:

- Standardmodell:
  - 12,5 Tage Rechenzeit (Rechencluster mit 5 PCs, s. Kap. 3.4, S. 127)
  - 7.550 pRG35 insgesamt, davon die Hälfte nur 1 Rasterzelle (625 m²) groß
  - 85,2 % der pRG35-Fläche liegt in Hessen, 14,8 % außerhalb
  - 2,2 % bzw. **12,4 %** der pRG35-Anzahl/-Fläche sind **grenzüberschreitend**[421]
  - **5,0 %** der pRG35 **liefern 92,8 % der Fläche**, s. Pareto-Prinzip, Tab. 21, S. 125
  - 12,0 % der Fläche Hessens sind pRG35 – wenn nur STR einwirkt
  - **63,8 km²** umfasst das **größte pRG35(STR)**, vgl. mit Kap. 7.4.5, S. 309
- Rechenzeiten:
  - Lärmkorridore: ca. 12-250-mal schneller als Akustik-Modelle
  - Akustik-Modelle „ohne DGM“, „ohne ALK“ und „ohne ohne“:
    - 1,3-, 5,7- und 21-mal schneller als „Standard“
- Akustik-Modelle: große Anzahl kleiner und kleine Anzahl großer pRG35 (s.o.)
- pRG35-Anzahl und pRG35-Fläche i. Vgl. zu „Standard“:
  - **insgesamt: „ohne ALK“ stimmt am besten überein**
  - für A > 10 km²:„ohne ALK“ u. Q25-Korridore stimmen am besten überein
  - für A ≤ 1 ha: die Akustik-Modelle erfassen 65-80 %
die Lärmkorridore erfassen nur rund 25 %
  - kleinste pRG35-Gesamtfläche: Q90-Korridor mit 737 km²
„ohne ohne“ mit 1.147 km² ≙ zweitkleinste
  - kleinste pRG35-Anzahl: „ohne ohne“ mit 210
Q90-Korridor mit 360, ≙ zweitkleinste
⇨ die beiden Modelle tauschen die Plätze
  - Nur Q25-Korridore besitzt eine *größere* pRG35-Fläche (124 %) als „Standard“, obwohl die pRG35-Anzahl bedeutend kleiner ausfällt (18 %)
- **„ohne ALK“**:
  - **Beste Alternative** zum Standardmodell (= „Standard“)
  - Kleine, mittlere und große pRG35 werden[422] – im Gegensatz zu allen anderen Modellen – gleichermaßen gut abgedeckt. Grund: Durch das noch vorhandene DGM bleiben die lärmgeschützten Flächen in straßenfreien Tälern erhalten (s. Abb. 41, nächste Seite u. Kap. 6.3.1, S. 219, insb. S. 222)
  - Die Rechenzeit verkürzt sich um den Faktor 5,7 und liegt mit 2,2 Tagen in einem anwenderfreundlichen Bereich
  - Verglichen mit „ohne DGM“ **besser *und* schneller**

[421] Ermittelt durch eine separate Auswertung der pRG35 des Standardmodells DTV0. Zum Vergleich:
a) pRG35(STR), 25-m-Raster: 2,2 % bzw. 12,4 % – grenzüberschreitende Anteile bzgl. Anzahl bzw. Fläche
b) pRG35(GES), 10-m-Raster: 1,1 % bzw. 11,0 % – s.S. 315
⇨ bei den Flächen nur geringe Abweichungen

[422] Nomenklatur der pRGx anhand der Flächengröße:

Nomenklatur	Kleinstfläche	klein	mittel	groß	Großgebiet
Flächengröße	≤ 1 ha	1 ha bis 1 km²	1 km² bis 10 km²	10 km² bis 100 km²	> 100 km²

Abb. 41 veranschaulicht, dass **pRG35-Kleinstflächen** (A ≤ 1 ha) vorzugsweise **in straßenfreien Tälern** – und daher nur in Modellen „mit DGM“, d.h. in „Standard“ und „ohne ALK“ – zu finden sind (s.a. Kap. 6.3.1, S. 219, insb. S. 222 und dort Fußnote 410).

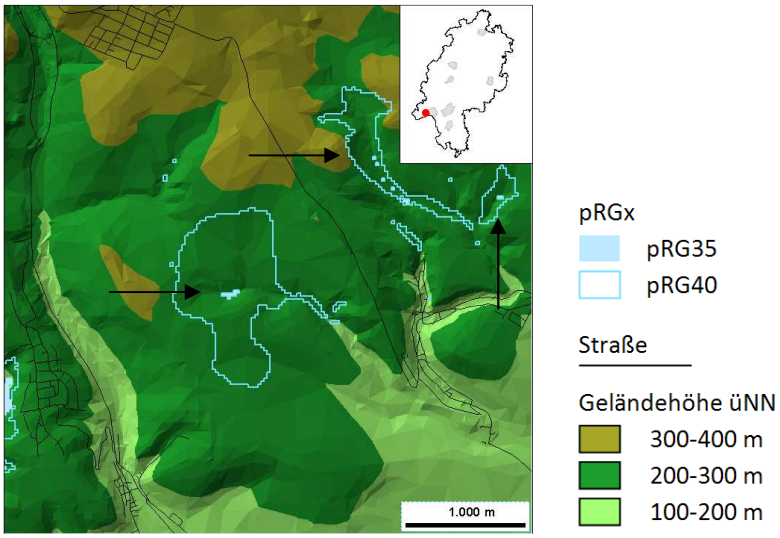


Abb. 41: Standardmodell (DTV0): pRG35-Kleinstflächen in straßenfreien Tälern.
pRG35-Kleinstflächen (A ≤ 1 ha) liegen oft in straßenfreien und daher „lärmgeschützten“, ruhigen Tälern. Sie eignen sich als Indikatoren für größere pRG40 o.Ä. Beachte: ALK nicht dargestellt, aber in DTV0 vorh.

Individueller Lagevergleich: Kartierungserfolge und Fehler 2. Art – Tab. 51

Die bisher rein summativen Statistiken werden jetzt um den Raumbezug erweitert. Das geschieht mit Hilfe lagebezogener GIS-Abfragen, aus denen hervorgeht, wie gut oder schlecht die pRG35 der Parametermodelle *räumlich* mit denen des Standardmodells übereinstimmen. Die Ergebnisse werden anhand folgender Farbkodierung grob bewertet:

Farbe	Bewertung	Prozent in Tab. 51	Prozent in Tab. 52
grün	sehr gut	≥ 90 %	≤ 10 %
gelb	(noch) gut	50-90 %	10-50 %
rot	schlecht	< 50 %	> 50 %

Tab. 51: pRG35 des Standardmodells, die die Parametermodelle lagebezogen „richtig“ kartieren.
Legende: Prozent = „richtige“ pRG35 im Parametermodell bzgl. der „richtigen“ pRG35 im Standardmodell.

	Akustik-Modell			Lärmkorridore		
	ohne ALK	ohne DGM	„ohne ohne“	Q25	Q50	Q90
Flächenklasse	Prozent bzgl. **Anzahl** im Standardmodell					
A = 625 m²	26,8 %	14,3 %	0,0 %	22,2 %	9,9 %	0,5 %
625 m² < A ≤ 10.000 m²	60,3 %	7,5 %	0,0 %	29,6 %	12,8 %	0,8 %
10.000 m² < A ≤ 1 km²	92,6 %	2,5 %	0,2 %	50,7 %	26,1 %	2,1 %
1 km² < A ≤ 10 km²	100,0 %	61,3 %	41,1 %	96,6 %	91,6 %	45,1 %
A > 10 km²	100,0 %	100,0 %	98,8 %	100,0 %	100,0 %	96,3 %
Gesamtanzahl	*52,4 %*	*13,0 %*	2,7 %	33,9 %	18,3 %	3,7 %
Flächenklasse	Prozent bzgl. **Fläche** im Standardmodell					
A = 625 m²	26,8 %	14,3 %	0,0 %	22,2 %	9,9 %	0,5 %
625 m² < A ≤ 10.000 m²	71,8 %	4,7 %	0,0 %	30,6 %	13,1 %	0,5 %
10.000 m² < A ≤ 1 km²	98,2 %	9,3 %	1,0 %	71,5 %	46,9 %	4,7 %
1 km² < A ≤ 10 km²	100,0 %	76,9 %	58,7 %	98,4 %	96,4 %	60,1 %
A > 10 km²	100,0 %	100,0 %	99,2 %	100,0 %	100,0 %	97,5 %
Gesamtfläche	*99,8 %*	*84,8 %*	77,0 %	97,3 %	94,7 %	76,8 %

In Bezug auf das Standardmodell gilt für den Kartierungserfolg (bzw. die Fehler 2. Art):

- Je größer das pRG35, desto höher der Kartierungserfolg in jedem der Parametermodelle, d.h. desto erfolgreicher lassen sich die pRG35 erfassen (= „kartieren“)

⇨ Flächen sind besser als Anzahlen zu erfassen, d.h. höherer Kartierungserfolg

- Bewertung der Parametermodelle für verschiedene Flächenklassen:
  - für A ≤ 1 ha = 10.000 m² ≙ pRG35-Kleinstflächen:
    - „ohne ALK“ ist teilweise „(noch) gut“
  - für 1 ha < A ≤ 1 km² ≙ kleine pRG35:
    - „ohne ALK“ ist das einzige „sehr gute“ Modell
  - für 1 km² < A ≤ 10 km² ≙ mittlere pRG35:
    - „ohne ALK“ ist als einziges Modell 100 % identisch zu „Standard“
    - Q25- und Q50-Korridore liegen mit „sehr gut“ knapp dahinter
    - Alle anderen Modelle fallen hinter diese drei deutlich zurück
  - für A > 10 km² ≙ große pRG35[423]:
    - **4 der 6** Parametermodelle **erfassen zu 100 %**:
      - „ohne ALK“, „ohne DGM“, Q25- und Q50-Korridore
    - **2 der 6** Parametermodelle erfassen **„sehr gut“**:
      - „ohne ohne“ und Q90-Korridore, die nur 1 bzw. 3 der 81 pRG35 des Standardmodells *nicht* identifizieren können

Individueller Lagevergleich: Fehlkartierungen und Fehler 1. Art – Tab. 52

Wie häufig und in welchem Ausmaß die Parametermodelle ein pRG35 ausweisen, obwohl im Standardmodell an diesem Ort gar keines existiert, zeigt Tab. 52.

Tab. 52: pRG35, die die Parametermodelle „fälschlich“ kartieren (Fehler 1. Art).

Legende: Prozent falsch kartierter pRG35 pro Flächenklasse, bezogen auf Anzahl bzw. Fläche in „Standard“

⇨ Prozent = „falsche“ pRG35 im Parametermodell bzgl. *der „richtigen“ pRG35 im Standardmodell.*

	Akustik-Modell			Lärmkorridore		
	ohne ALK	ohne DGM	„ohne ohne“	Q25	Q50	Q90
Flächenklasse	Prozent bzgl. **Anzahl** im Standardmodell					
A = 625 m²	13,0 %	2,5 %	0,0 %	4,6 %	3,6 %	0,3 %
625 m² < A ≤ 10.000 m²	0,1 %	0,1 %	0,0 %	6,8 %	3,4 %	0,5 %
10.000 m² < A ≤ 1 km²	0,0 %	0,0 %	0,0 %	18,5 %	10,4 %	1,0 %
1 km² < A ≤ 10 km²	0,0 %	0,0 %	0,0 %	19,2 %	4,0 %	0,3 %
A > 10 km²	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Gesamtanzahl	6,6 %	1,3 %	0,0 %	8,4 %	5,1 %	0,5 %
Flächenklasse	Prozent bzgl. **Fläche** im Standardmodell					
A = 625 m²	13,0 %	2,5 %	0,0 %	4,6 %	3,6 %	0,3 %
625 m² < A ≤ 10.000 m²	0,0 %	0,0 %	0,0 %	7,4 %	4,0 %	0,5 %
10.000 m² < A ≤ 1 km²	0,0 %	0,0 %	0,0 %	37,1 %	19,5 %	1,4 %
1 km² < A ≤ 10 km²	0,0 %	0,0 %	0,0 %	8,9 %	1,6 %	0,1 %
A > 10 km²	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Gesamtfläche	0,0 %	0,0 %	0,0 %	5,9 %	2,0 %	0,2 %
Fläche des größten fehlerhaft kartierten pRG35	0,001 km²	0,001 km²	0 fehlerhafte	5,5 km²	2,6 km²	1,6 km²

[423] Fläche des größten pRG35(STR) in HEplus lt. DTV0: 63,8 km² < 100 km² ⇨ *kein* pRG35-Großgebiet in HEplus (~ Hessen).

In Bezug auf das Standardmodell gilt für die Fehlkartierungen (= Fehler 2. Art):

- Keines der Parametermodelle ist „schlecht“ – nirgends: Fehler > 50 %, s.o.
  - Die Fehler 2. Art betragen maximal 37,1 % bei Q25-Korridore
- „ohne ohne“ ist das beste, Q25-Korridore das schlechteste Parametermodell
- „ohne ohne“ ist das einzige Modell, das überhaupt kein falsches pRG35 kartiert
- „ohne ALK“ und „ohne DGM“ sind fast nur bei den 625-m²-pRG fehlerhaft
- Bei Lärmkorridoren sind alle fehlerhaften pRG35 kleiner als 5,5 km²

Einfluss von ALK und DGM auf die pRG35 – Gesamtbewertung

Das Resümee der Modellvergleiche für *strategische* Lärmkartierungen lautet (Tab. 53):

- **„ohne ALK“** ist die **beste Alternative zum Standardmodell**:
  - kartiert fast alle pRG35 mit A > 1 ha korrekt, keine nennenswerten Fehlkartierungen und nur 1/6 der Rechenzeit erforderlich
- Der Kartierungserfolg
  - hängt bei den Akustik-Modellen von den Hindernishöhen ab:
    - DGM beeinflusst bereits A < 10 km², ALK erst A < 1 ha
    - ⇨ DGM ist wichtiger als ALK (Ausn.: Ortslagen, s. Tab. 47, S. 222)
    - ⇨ „ohne ALK“ ist besser als „ohne DGM“
  - hängt im Bereich A < 10 km² von der Größe der zu kartierenden pRG35 ab:
    - umso schlechter, je kleiner die pRG35
    - verschlechtert sich stärker als die Fehlkartierungen

Tab. 53: Resümee der Modellvergleiche: Bedeutung von ALK und DGM für die pRG35.

Legende: „-“ = Fehlanzeige, d.h. trifft auf kein Modell zu. Beachte: Die Aussagen sind als Faustformeln zu verstehen. Sie gelten vor allem für HEplus als Ganzes, d.h. für großflächige strategische *Lärmkartierungen (s.o.) – mit Ausnahmen ist insbesondere im Siedlungsraum zu rechnen.*

Nr.	Merkmal		Fläche des zu kartierenden pRG35			
			A > 10 km²	1 km² < A ≤ 10 km²	1 ha < A ≤ 1 km²	A ≤ 1 ha
Vergleich mit Standardmodell – Bezug: HEplus						
1	Wie viele Modelle sind wie gut?		2 zu 100 % identisch 4 „sehr gut“ - -	1 zu 100 % identisch 2 „sehr gut“ 3 „(noch) gut“ -	- 1 „sehr gut“ 1 „(noch) gut“ 4 „schlecht“	- - 1 „(noch) gut“ 5 „schlecht“
Kartierung der pRG35 – Bezug: HEplus						
2a	Welche Modelle eignen sich?		alle 6 Parametermodelle	ohne ALK Q25-Korridore Q50-Korridore	ohne ALK	-
2b	Kartierungserfolg[424] = „richtig“ kartierte pRG35		96-100 %	92-100 %	93-98 %	-
2c	Fehlkartierungen[424] = „fälschlich“ kartierte pRG35		0 %	0-19 %	0 %	-
Einfluss von ALK und DGM – Bezug: HEplus. Ausnahmen im Siedlungsraum (Ortslagen)						
3	Einfluss von …	… ALK?	Nein	Nein	Nein	Ja
		… DGM?	Nein	Ja	Ja	Ja

Die **Empfehlungen** hängen somit von den pRG35-Größen ab, die es zu kartieren gilt[425]:

- große pRG35 aufwärts, A > 10 km²: selbst einfachste Modelle sind geeignet
- kleine pRG35 aufwärts, A > 1 ha: „ohne ALK“ ist „sehr gut“ geeignet

[424] Die Wertebereiche in Nr. 2b/c gelten ausschließlich für die in Nr. 2a genannten und als geeignet befundenen Modelle.
[425] Die Aussagen gelten sinngemäß auch für andere hochwertige pRGx, x ≠ 35.

- pRG35-Kleinstflächen, A ≤ 1 ha: nur DTV0 (= Standard) ist zu empfehlen

⇨ Eine **Vollerhebung** aller pRG35 gelingt **nur mit bestmöglichen Modellen** (DTV0)

Bei den großen pRG35 sieht es genau umgekehrt aus: Einfachste Modelle und geringster Aufwand genügen, um nahezu 100 % der pRG35 zu erfassen (s.a. Kap. 8, S. 327). Hier gilt das Motto: *„Lieber ganz einfach kartieren, als gar nichts tun."* Folglich lassen sich gerade jene Ruhigen Gebiete, die womöglich besonders schutzwürdig und schutzbedürftig sind, auch besonders leicht identifizieren und ggf. schützen – eine **Chance, die stärker** als bisher **genutzt werden sollte** (s. Kap. 1 und 2).

6.4 Einfluss der Rasterweite Rw

6.4.1 Allgemeine Bedeutung von Rw

Die Rasterweiten Rw_x und Rw_y bestimmen, wie groß die Abstände zwischen benachbarten Rasterpunkten (= RAS = Rasterpegel = Immissionspegel = IP)[426] in x- und y-Richtung sind. Da bei einer Schallberechnung im Normalfall keine großflächigen Anomalien existieren, die eine Vorzugsrichtung auszeichnen, ist es gerechtfertigt und auch üblich, das Rechengebiet mit einem regelmäßigen quadratischen Raster zu überziehen. Für dessen Rasterweite Rw gilt dann:

- $Rw = Rw_x = Rw_y$

Jede elementare (quadratische) Rasterzelle besitzt einheitliche Merkmale:

- Kantenlänge = Rw
- Fläche = Rw^2
- Mittelpunkt = IP
- Pegel L(IP) = repräsentativ für die gesamte quadratische Rasterzelle

⇨ L(IP) wird fehlerhaft sein, wenn sich akustisch relevante **Feinstrukturen** der Abmessung a < Rw innerhalb einer Rasterzelle befinden (s.u.: Abtasttheorem)

Einfluss auf Rechenzeit und *sicher* identifizierbare Strukturen

Für ein beliebig geformtes Rechengebiet (ReG) der Fläche A_{ReG} lässt sich die **Rechenzeit T** näherungsweise[427] wie folgt **abschätzen**:

- Anzahl der Rasterzellen = A_{ReG}/Rw^2 = Anzahl der zu berechnenden IP
- Rechenzeit **T** ∝ Anzahl der zu berechnenden IP[428]
  = $\mathbf{A_{ReG}/Rw^2}$

⇨ **Halbierung der Rasterweite Rw bedeutet 4-fache Rechenzeit T**

Typische Rasterweiten sind:

- Mindestanforderung für END-Karten in Deutschland[429]: Rw = 50 m
- In den END-Karten der 1. u. 2. Stufe tatsächlich verwendet: Rw = 10 m o. 25 m
- Für HEplus standardmäßig benutzt:
  - in Kap. 6: „Hessen plus: Parameterstudien STR" Rw = 25 m
  - in Kap. 7: „Ruhige Gebiete in Hessen" Rw = 10 m
  - in Kap. 8: „Ruhige Gebiete in Deutschland" Rw = 100 m
  - in Kap. 6.4: = in diesem Kapitel hier Rw = 2 m-1.000 m

[426] Siehe Fußnote 369, S. 188.

[427] Die Abschätzung vernachlässigt: a) Randeffekte aufgrund der unregelmäßigen Form des Rechengebietes. b) Unterschiede in den Rechenzeiten für jeden individuellen IP – die immer auftreten, weil die akustische Topologie räumlich variiert.

[428] „∝" = proportional.

[429] § 5 Abs. 3 der 34. BImSchV.

Von der 34. BImSchV unterscheiden sich die Rechenzeiten um das 625- bis 1/400-fache.

Das **Abtasttheorem von Shannon** (1948) besagt:

- Soll ein *abtastendes Signal* alle *Strukturen* der Abmessung a oder größer *sicher* identifizieren (= finden = kartieren), dann darf es höchstens eine Schrittweite s besitzen, die **halb so groß** ist wie die kleinste Abmessung a, d.h. es muss gelten:
  - $s \leq a/2$ (Glch. 6.1)

Für die Zwecke der Lärmkartierung können gleichgesetzt werden:

- die *Strukturen* = die wahre, aber unbekannte Pegelverteilung in ReG
- das *abtastende Signal* = die tatsächlich gesetzten IP und berechneten L(IP)
  - Die IP werden im Abstand Rw über das Rechengebiet verteilt und tasten die wahre Pegelverteilung ab – grundsätzlich umso besser, je kleiner Rw

Schrittweite s der Pegel L(IP) und Rasterweite Rw stimmen also überein:

- s = Schrittweite = Rasterweite = Rw

Bei vorgegebener Rasterweite Rw lassen sich nach (Glch. 6.1) quadratische Pegelstrukturen noch *sicher* identifizieren, für deren Fläche A bzw. Kantenlänge a gilt:

- $A = a^2 \geq (2 \times s)^2 = (2 \times Rw)^2 = 4 \times Rw^2$

⇨ $a \geq 2 \times Rw$

Damit lässt sich abschätzen, welche Pegelstrukturen – der Kantenlänge a und Fläche $A = a^2$ – von typischen Rasterweiten noch sicher identifiziert werden können:[430]

- Rw = 2 m: ⇨ a ≥ 4 m Kantenlänge ⇨ A ≥ 16 m² = 0,016 ha
- Rw = 10 m: ⇨ a ≥ 20 m Kantenlänge ⇨ A ≥ 400 m² = 0,04 ha
- Rw = 25 m: ⇨ a ≥ 50 m Kantenlänge ⇨ A ≥ 2.500 m² = 0,25 ha
- Rw = 100 m: ⇨ a ≥ 200 m Kantenlänge ⇨ A ≥ 40.000 m² = 4 ha

Bei den Strukturen kann es sich um pRGx oder beliebige andere Pegelbereiche handeln, d.h. um „Coldspots" oder „Hotspots".[431]

Siedlungs- und Freiraum als Gegensatzpaar – akustische u. topologische Unterschiede

Ob die räumliche Verteilung der Pegel eine Fein- oder Grobstruktur aufweist, hängt von der räumlichen Verteilung der akustisch relevanten Objekte (ALK, DGM und Schallquellen) im Untersuchungsgebiet ab – also von dessen **akustischer Topologie**. Welche Strukturen vorliegen, lässt sich durch Pegel- und Distanzanalysen quantifizieren. Dazu teilt man Hessen (nur dort enthält HEplus Gebäude) dichotom in Siedlungs- und Freiraum auf[432] und berechnet für beide Gebietstypen jeweils getrennt: die mittlere Distanz d = a/2 ≥ s = Rw eines Punktes zu einem Gebäude bzw. einer Straße sowie den L_{DEN}-Mittelwert:

- HEplus, Siedlungsraum = Ortslagen:
  - mittlere Distanz d zu einem Gebäude = 25 m – in WI, Innenstadt: 7 m
  - mittlere Distanz d zu einer Straße = 29 m – in WI, Innenstadt: 20 m
  - L_{DEN}-Mittelwert ± Standardabw. = 58,9 dB(A) ± 6,9 dB(A)
- HEplus, Freiraum = *Nicht*-Ortslagen:
  - mittlere Distanz d zu einem Gebäude = 517 m
  - mittlere Distanz d zu einer Straße = 476 m
  - L_{DEN}-Mittelwert ± Standardabw. = 47,0 dB(A) ± 11,9 dB(A)

---

[430] Angesichts der nicht periodischen Strukturen handelt es sich bei den Angaben nur um Faustformeln.

[431] **„Coldspots/Hotspots"** = Bereiche besonders niedriger/hoher Pegel ⇨ Ruhige Gebiete = „Coldspots".

[432] Die dichotome Aufteilung erfolgt analog Kap. 6.3.1 (S. 219, insb. Fußnote 405, S. 221), d.h.:

- Siedlungsraum ≙ ATKIS-Objektart „Ortslage" ⇔ *Nicht*-Ortslagen = Hessen - „alle ATKIS-Ortslagen" = Freiraum

Vom Freiraum unterscheidet sich der **Siedlungsraum** *im Mittel* somit ganz erheblich:

- **ca. 20-mal kleinere** Straßen-, Gebäude- und Pegelstrukturen existieren[433]:
  - $2 \times d \sim a_{Siedlungsraum} \sim 50\,m \ll 1.000\,m \sim a_{Freiraum} \sim 2 \times d$
- ⇨ **ca. 400-mal kleinere** pRGx-Flächen existieren bzw. sind zu identifizieren:
  - $a^2_{Siedlungsraum} = A_{Siedlungsraum} = 2.500\,m^2 = \mathbf{0{,}25\,ha}$
    $\ll a^2_{Freiraum} = A_{Freiraum} = 1\,km^2 = \mathbf{100\,ha}$
  - pRGx können grundsätzlich nur dort liegen, wo sich keine Gebäude oder Straßen befinden, d.h. sie sind in den „Lücken dazwischen" zu suchen
- ⇨ **ca. 20-mal kleinere** Rasterweiten (Rw = a/2) sind zu wählen:
  - $Rw_{Siedlungsraum} \sim 25\,m \ll 500\,m \sim Rw_{Freiraum}$
- **ca. 12 dB höhere** Lärmbelastungen existieren (im Siedlungsraum)

Es ist zu beachten, dass die obigen Aussagen für *mittlere* Strukturgrößen gelten und sich daher nicht auf jedes Rechengebiet übertragen lassen. Mit den *mittleren* Rasterweiten lassen sich zwar immer auch *größere* Strukturen sicher kartieren (s. Abtasttheorem), bei *kleineren* versagen sie jedoch, von Zufallstreffern abgesehen.[434] Kleinere Strukturen der Größenordnung d(WI-Innenstadt) = 7 m < 25 m = d(Mittelwert) treten in dicht bebauten **Ortslagen** auf. Deshalb sind dort kleinere Rasterweiten zu **wählen: Rw = 5 m oder *besser* 2 m**.

Geschlossene Bebauungsstrukturen und die damit verbundenen Feinstrukturen gibt es nicht nur in „Ballungsräumen" wie Wiesbaden (WI) oder anderen großen Städten, sondern auch in kleinen Ortschaften „auf dem Land" (in Dorfkernen o.Ä.). *Akustisch* unterscheiden sich daher weniger die großen von den kleinen Siedlungsräumen als vielmehr die großen *und* kleinen Siedlungsräume (= Siedlungsraum als Ganzes) von den Freiräumen. Dieser Umstand führt zu **Spannungen zwischen Akustik und END**, weil sich akustische und rechtliche Realität widersprechen:

- Akustik: große *und* kleine Siedlungsräume ⇔ Freiräume
- END: große Siedlungsräume ⇔ Freiräume + kleine Siedlungsräume
  = Ballungsräume ⇔ Land

Eine Neufassung der END sollte deshalb die bisherige Trennung von Ballungsräumen und Land aufgeben und *alle* Siedlungsräume *gleich*behandeln (s.a. S. 74: Tab. 7, Nr. 7).

6.4.2 Einfluss der Rasterweite Rw im Siedlungsraum

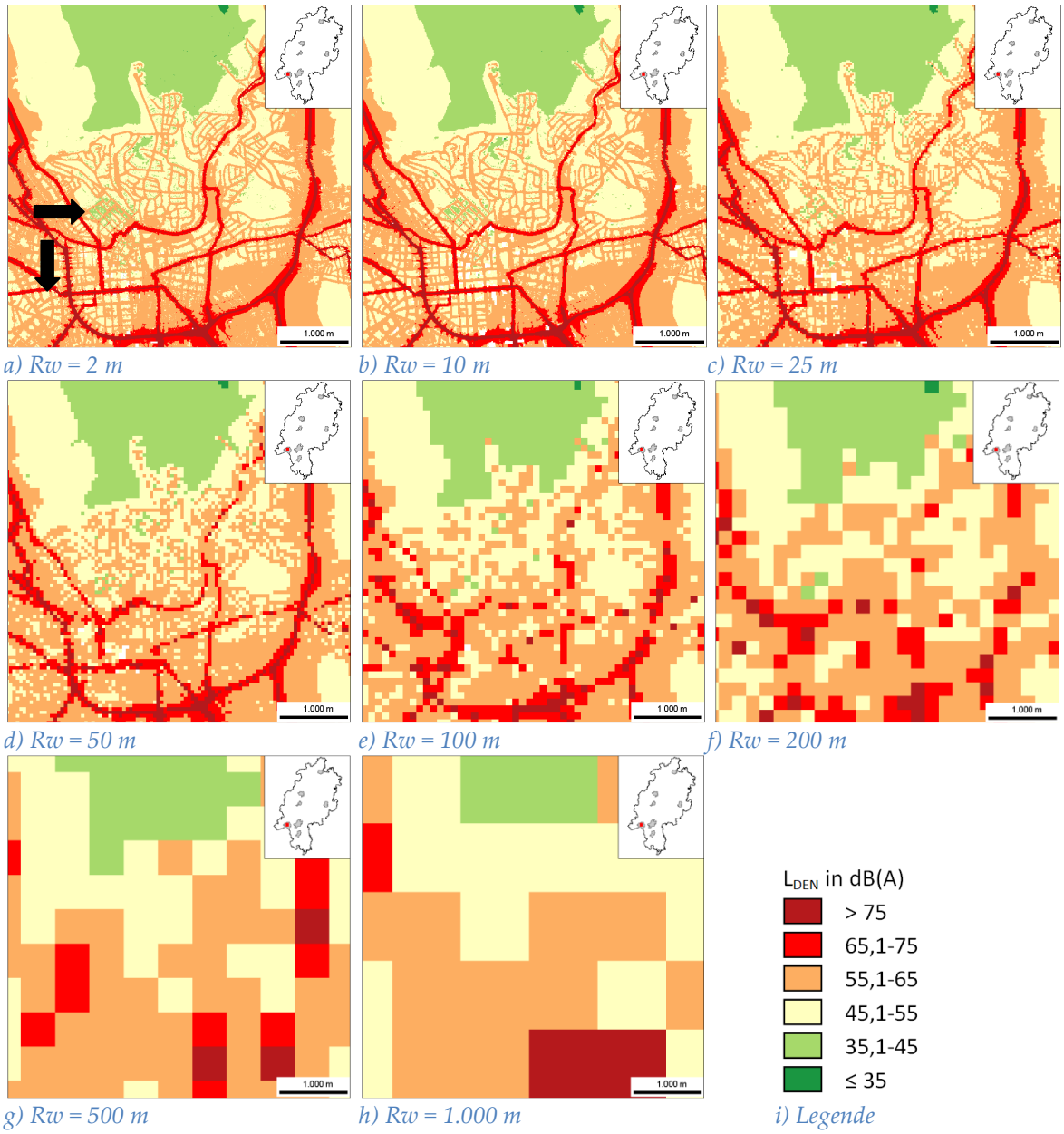
Im Siedlungsraum sorgen die kleinräumigen Bebauungs- und Quellstrukturen für örtlich sehr inhomogene akustische Verhältnisse (s.o.). Um diese Feinstrukturen in den Lärmkarten abbilden zu können, muss Rw entsprechend klein gewählt werden (Abb. 42).

---

[433] Exakt gilt:

- im Siedlungsraum: d(Gebäude) = 25 m und d(Straßen) = 29 m, hier vereinfacht zu 25 m als Faustformel
- im Freiraum: d(Gebäude) = 517 m und d(Straßen) = 476 m, hier vereinfacht zu 500 m als Faustformel

[434] Sie versagen auch, wenn die abzutastenden Strukturen sehr unregelmäßig geformt sind.



a) Rw = 2 m *b) Rw = 10 m* *c) Rw = 25 m*

d) Rw = 50 m *e) Rw = 100 m* *f) Rw = 200 m*

g) Rw = 500 m *h) Rw = 1.000 m* *i) Legende*

Abb. 42: Wiesbaden: Einfluss der Rasterweite Rw im Siedlungsraum.

Legende: Pfeile = Feinstrukturen, die sich nur mit Rw = 2 m und 10 m sicher identifizieren lassen.

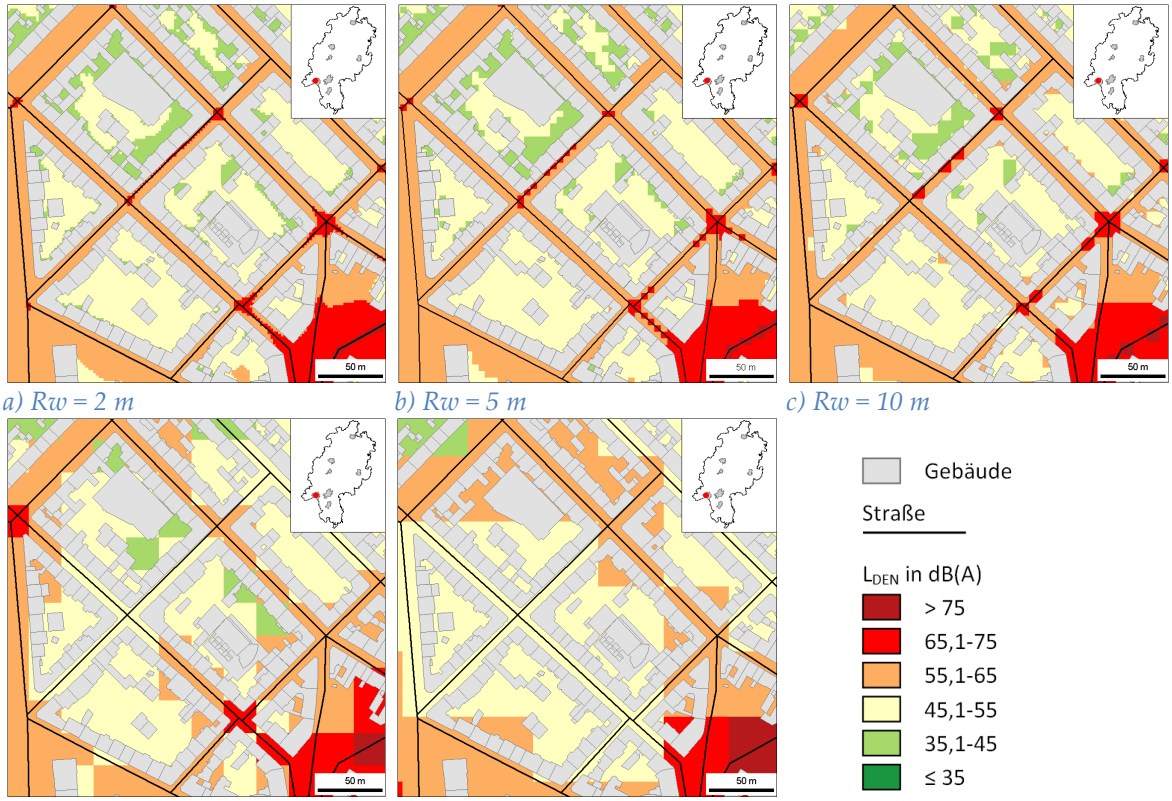
Abb. 42 zeigt:

- Bei Rw = 2 m und 10 m sind die Straßenverläufe der „orangen" *Gemeinde*straßen deutlich zu erkennen. Auch relativ ruhige innerstädtische pRG55 und pRG45 (s. Pfeile) lassen sich sicher lokalisieren und abgrenzen
- Bei Rw = 25 m relativiert sich das Bild: Überall dort, wo Strukturen mit Abmessungen a = 2 × Rw = 50 m oder kleiner vorliegen, können diese nur noch grob, unscharf oder zufällig abgetastet werden:
    - Beispiel 1 = unterer Pfeil = zentrumsnahes „oranges" Straßennetz mit einem zwischen den Häuserfronten gelegenen Straßenraum der Breite a_1:
        - a_1 = 15-25 m < 2 × Rw = 50 m ⇨ mit Rw = 25 m nicht abtastbar
    - Beispiel 2 = oberer Pfeil = „hellgrüne" pRG45 in einem Quartier mit ausgeprägter Blockbebauung und Innenhöfen der Breite a_2 (s.a. Abb. 43):

- a_2 = 20-60 m < 2 × Rw = 50 m ⇨ mit Rw = 25 m kaum abtastbar

- Bei Rw ≥ 50 m sind keine Feinstrukturen mehr zu erkennen
  ⇨ Die Mindestanforderung der 34. BImSchV (Rw = 50 m) ist für Kartierungen im Siedlungsraum *un*geeignet
- Bei Rw = 50 m und 100 m sind Grobstrukturen noch zu erkennen
- Bei Rw ≥ 200 m gehen auch die Grobstrukturen verloren

Abb. 43 zeigt das in Beispiel 2 erwähnte Quartier (s. Abb. 42a, oberer Pfeil) im Detail und beantwortet die Frage, ob Rasterweiten unter 10 m zusätzliche Informationen liefern.



a) Rw = 2 m *b) Rw = 5 m* *c) Rw = 10 m*

d) Rw = 25 m *e) Rw = 50 m* *f) Legende*

Abb. 43: Wiesbaden: Identifikation von Feinstrukturen im Siedlungsraum mit Rw = 2 m und 5 m.

Abb. 43 ergibt:

- Rw = 2 m ist nötig, um **wohnungsnahe pRGx-Kleinstflächen** (hier: pRG45) lagegenau und sicher identifizieren (= finden) zu können:
  - Vorkommen: in Innenhöfen als Hausgärten, Balkone, Terrassen usw.[435]
  - Größe: A ≤ 1 ha, häufig im Bereich 4-100 m²
  - Nutzen der pRG45 o.Ä.: wertvoll für die **wohnungsnahe Ruhe (Erholung)**
  - Nutzen der 2-m-Karten: geeignet bis hin zur **Objekt- u. Detailplanung**
- Rw = 5 m trennt verlärmte Straßenräume sauber von ruhigen Innenhöfen
  ABER: einige pRG45 bleiben unentdeckt und die Konturen sind z.T. unscharf
- Rw = 10 m trennt Straßenräume von Innenhöfen genauso sauber wie Rw = 5 m.
  ABER: viele pRG45-Kleinstflächen werden nicht oder nur grob und ungenau in Lage und Ausdehnung erfasst; Rechenzeit = T/25, mit T = Rechenzeit für Rw = 2 m

[435] Zur akustischen Situation in Innenhöfen s.a. S. 194: Tab. 40, Nr. 10 und 29 sowie S. 222: Tab. 47, Nr. 3.

- Bei Rw = 25 m erstrecken sich die recht groben 25 m × 25 m-Rasterblöcke teils von den Innenhöfen bis in den Straßenbereich hinein oder umgekehrt. Die tatsächliche Pegel-Feinstruktur ist häufig nur zu erahnen, nicht aber sicher zu lokalisieren. Zudem ist der optische Eindruck der Karten nicht ansprechend; Rechenzeit = T/156
- Bei Rw ≥ 50 m lassen sich keine Feinstrukturen mehr erkennen; Rechenzeit = T/625

Für den Siedlungsraum lauten daher die **Empfehlungen für Rw**:

- Rw = 25 m bei eher lockerer Bebauung und ohne besondere Qualitätsansprüche:
  - sicher identifizierbare pRGx-Größe: 2.500 m²
- **Rw = 10 m = optimal**er Parameterwert:
  - **bester Kompromiss** aus Rechenzeit und Genauigkeit (Qualität)
  - sicher identifizierbare pRGx-Größe: 400 m²
- **Rw = 2 m = ideal**er Parameterwert[436]:
  - um wertvolle **pRGx-Kleinstflächen** zu finden[437] oder für **Detail-/Objektplanungen**, die hochauflösende Karten benötigen
  - sicher identifizierbare pRGx-Größe: 16 m²

Die bisherigen Modelle verwenden nicht Rw = 10 m, sondern Rw = 25 m, weil es nur mit der 6,25-mal kleineren Rechenzeit möglich ist, die ca. 300 Parametermodelle zu berechnen. Außerdem besteht deren Verwendungszweck darin, den *allgemeinen* Einfluss der Kern-Parameter zu untersuchen und *nicht speziell* pRGx-Kleinstflächen sicher zu kartieren. Im Gegensatz zu den pRGx-Kleinstflächen spielt es bei den pRGx mit A > 1 ha = 10.000 m² = (100 m)² keine Rolle, ob man mit Rw = 10 m oder 25 m kartiert – sie werden mit beiden Rw-Werten sicher gefunden (s.u. Kap. 6.4.3).
In Kap. 7, das die 3 Lärmarten Straße, Schiene und Flugverkehr betrachtet, wird in allen Modellen Rw = 10 m gewählt. Dadurch entstehen Lärm- und Ruhekarten, die sich im Siedlungs- *und* Freiraum für *zahlreiche* Aufgaben nutzen lassen (s. Kap. 9, S. 343).

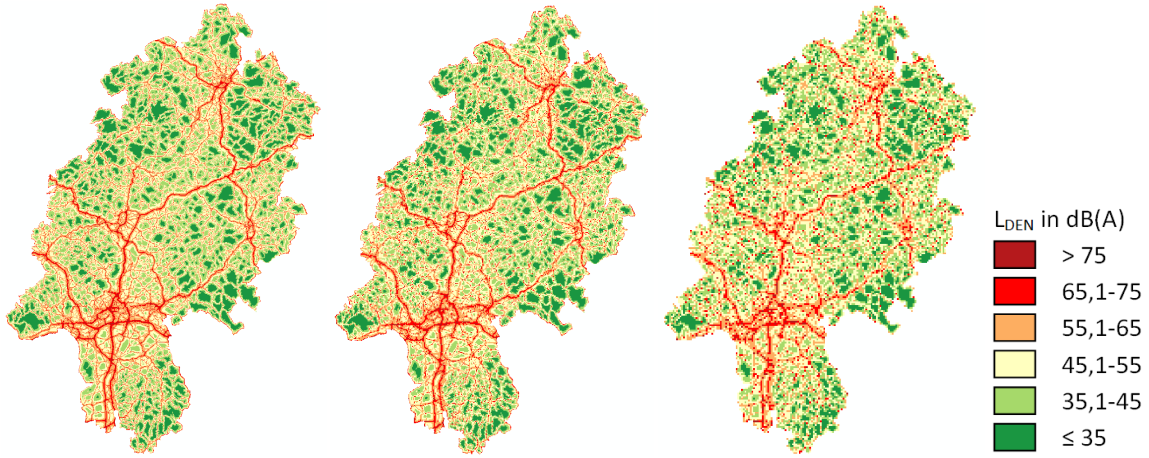
6.4.3 Einfluss der Rasterweite Rw im Freiraum

Infolge einer Kombination aus Kartenmaßstab, Kontrast der gewählten Farben, Auflösungsvermögen des Auges und Drucktechnik lassen sich in den Karten mit Rw = 10 m, 25 m, 50 m, 100 m und 200 m mit bloßem Auge keine Unterschiede erkennen. Daher enthält Abb. 44 nur die Karten für Rw = 10 m, 500 m und 1.000 m.

---

[436] Beachte:
1) „sicher identifizierbare pRGx-Größe" = Mindestfläche, die das pRGx aufweisen muss, damit es **sicher** identifiziert werden kann. Davon abgesehen lassen sich auch kleinere pRGx finden, allerdings nur „zufällig", wenn der IP genau in das pRGx fällt. Die Wahrscheinlichkeit für solche Zufallstreffer nimmt mit zunehmender Rasterweite ab. Hierfür finden sich Beispiele in Abb. 43c und Abb. 44c
2) Kleine Rw-Werte steigern nicht automatisch die Qualität der Ergebnisse. Das ist nur über genauere Modell-Parameter, d.h. insb. genauere (reale) Eingangsdaten und bessere („ideale") Software-Einstellungen möglich
3) Die Rechenzeit steigt bei Rw = 2 m i. Vgl. zu 10 m um das 25-fache und kann dadurch evtl. zu hoch ausfallen – je nach PC-Ressourcen

[437] ABER: Alle Kleinstflächen zu finden, erfordert Rw < 2 m. Für diese Aufgabe bieten sich allerdings auch andere Kartiermethoden an (s. Kap. 2.1 , S. 80).



a) Rw = 10 m *b) Rw = 500 m* *c) Rw = 1.000 m* *d) Legende*

Abb. 44: HEplus: Einfluss der Rasterweite Rw im Freiraum.

Ein Vergleich der 3 Karten ergibt für den Freiraum:

- Obwohl die Rasterflächen von Rw = 10 m und 500 m deutlich um einen Faktor 2.500 voneinander abweichen (A = 0,01 ha ⇔ 25 ha), lassen sich Unterschiede in den Pegelstrukturen erst bei genauerem Hinsehen erkennen. Nur einige der „roten Straßenflächen" (insb. das Autobahnnetz) sind bei Rw = 500 m immer mal wieder unterbrochen – weichen also von der „durchgezogenen roten Linie" bei Rw = 10 m ab. Die von Rw = 10 m abgetasteten sanften Pegelübergänge können hingegen bei einer 50-fachen Schritt- bzw. Rasterweite nicht mehr aufgelöst werden, was zu einem höheren Kontrast bei Rw = 500 m führt
- Bei Rw = 1.000 m setzen sich die beschriebenen Prozesse naturgemäß fort. Während das Autobahnnetz noch immer relativ klar zu erkennen ist, verteilen sich die übrigen roten Rasterzellen eher scheinbar regellos über HEplus
- Die *groß*flächigen **pRG35 stimmen** in allen 3 Karten **sehr gut überein** – zumindest was die in diesem Maßstab visuell erkennbaren Flächen anbelangt (s.u.)

Quantitative Angaben zum Einfluss der Rasterweite Rw auf die 5-dB-Pegelbereiche

Dazu werden die L_{DEN}-Werte eines jeden Modells in neun 5 dB breite Klassen (35-80 dB(A)) sowie zwei Randklassen (≤ 35 dB(A) und > 80 dB(A)) einsortiert, die jeweiligen Summen ermittelt und mit den Werten aus dem Modell mit Rw = 10 m verglichen.[438]

Das Ergebnis lautet (vgl. mit Tab. 50, S. 230):

- Die Abweichungen von Rw = 25 m, …, 1.000 m gegenüber Rw = 10 m nehmen tendenziell mit Rw zu, liegen aber immer **unter 5 %**

⇨ Der Einfluss von Rw auf die 5 dB-Pegelklassen ist **sehr gering**

Quantitative Angaben zum Einfluss der Rasterweite Rw auf die pRG35

Extrahiert man für die Extremfälle Rw = 10 m und 1.000 m aus den Lärmkarten alle pRG35 und führt einen individuellen Lagevergleich durch (analog Tab. 51, S. 232), so gilt:

- 1,75 km² umfasst das *größte* pRG35 des 10-m-Modells (dort auf Rang 307), das im 1.000-m-Modell *nicht* gefunden wird

[438] Eine NoData-Klasse tritt nicht auf, weil alle Parametermodelle aus DTV0 entstehen und in DTV0 keine NoData vorkommen (s.S. 260: Tab. 61, Zeile 1 & Spalte 8).

- 1,76 km² umfasst das *kleinste* pRG35 des 10-m-Modells (Rang 306), das vom 1.000-m-Modell noch entdeckt wird und dort 3 km² aufweist (4 km² nach Abtasttheorem sicher detektierbar)
    - Rw = 1.000 m eignet sich, um folgende pRGx *sicher* zu kartieren (zu finden):
        - **A ≥ 4 km²** laut Theorie = Abtasttheorem
        - **A ≥ 1,76 km² ~ 2 km²** laut Praxis = HEplus, s.o.
            - 282 pRG35 mit A ≥ 2 km² existieren bei Rw = 10 m
            - 306 pRG35 mit A ≥ 1,76 km² existieren bei Rw = 10 m
                - die 306 werden zu 381 bei Rw = 1.000 m
    - Rw = 1.000m lässt die Rechenzeit auf 1/10.000-tel sinken

⇨ **Rw = 1.000 m findet** alle größeren (A ≳ 2 km²) pRGx **sicher und schnell**

⇨ Rw beeinflusst größere (A ≳ 2 km²) pRGx nur geringfügig

Für den Freiraum lauten daher die **Empfehlungen für Rw**:

- Rw = 1.000 m, wenn es „nur" darum geht, größere (A ≳ 2 km²) pRGx zu finden
- Rw = 10 m, in allen anderen Fällen (s.u.)

Rw = 10 m fördert u.U. eine Feinstruktur innerhalb eines großen pRGx zu Tage, die für die Bewertung und Festlegung *keine* Rolle spielt. Sie kann allerdings später für das **Management des pRGx** – z.B. die Ausweisung besonders geschützter **Kernzonen** – wichtig sein. Bei Rw = 1.000 m müssten solche Details durch ein neues Modell mit Rw ≪ 1.000 m oder andere Methoden (Kap. 2.1, S. 80) nacherhoben werden – bei Rw = 10 m entfällt dieser Mehraufwand.

6.4.4 Bedeutung von pRG35-Kleinstflächen – einheitliche Rasterweite

Es stellt sich die Frage, ob man aufgrund der Unterschiede zwischen Siedlungs- und Freiraum beide mit verschiedenen Rasterweiten kartieren sollte: $Rw_{Siedlungsraum} \ll Rw_{Freiraum}$?
Eine größere Rasterweite $Rw_{Freiraum}$ würde bedeuten, dass man im Freiraum keine pRGx-Kleinstflächen identifizieren kann. Das wäre aber nur dann zu rechtfertigen, wenn diese bedeutungslos für den Freiraum wären. Das Gegenteil ist jedoch der Fall, wie Tab. 54 zeigt.

Tab. 54: Bedeutung von pRGx-Kleinstflächen.
*Legende: pRGx-Kleinstflächen: **A ≤ 1 ha,** oft nur **1 bis wenige Rasterzellen groß**, s.a. Fußnote 422, S. 231.*

Nr.[439]	Bedeutung von pRGx-Kleinstflächen (A ≤ 1 ha)	Zutreffend für:	
		Siedlungsraum	Freiraum
1	Indikatoren für größere pRGx	Teilweise	Teilweise
2	Indikatoren für größere pRGy geringerer Qualität y > x	Ja	Ja
3	Informationen über die Feinstruktur innerhalb eines pRGx	Teilweise	Ja
4	Indikatoren für wohnungsnahe Ruhige Gebiete	Ja	Nein

[439] Anmerkungen zu den Nummern (Nr.):
1) Dort, wo eine pRGx-Kleinstfläche gefunden wird, kann sich in Wirklichkeit ein (viel) größeres wRG befinden. Grund: Ruhige Gebiete (wRG) lassen sich nicht durch *eine akustische* Eigenschaften wie L_{DEN} ≤ 35 dB(A) **rastergenau („parzellenscharf")** festlegen. Um sie realistisch zu erfassen, sind die *gesamten* örtlichen Verhältnisse und damit auch weitere akustische und nicht-akustische Faktoren zu berücksichtigen. Ruhige Gebiete (i.S. wRG) können dadurch mal über die pRG35-Raster hinausgehen, mal einen Teil davon ausschließen
2) Beispiel: pRG35 liegt im Zentrum eines größeren pRG40 o.Ä., s. Abb. 41, S. 232
3) Beispiel: pRG35 als besonders zu schützende Kernzone innerhalb eines größeren pRG40 o.Ä.
4) In unmittelbarer Wohnungsnähe können Terrassen o. Gärten von nur **wenigen m²** einen hohen Wert für die Erholung besitzen, weil sie besonders gut zu erreichen sind und sich wohltuende Ruhewirkungen dort leicht genießen lassen

Von Sonderfällen abgesehen, lautet daher die **Gesamt-Empfehlung**:

- Siedlungs- und Freiraum sind mit einer *einheitlichen* Rasterweite Rw zu kartieren
- ⇨ **optimal**er Einheitswert: **Rw = 10 m**

In Kap. 7 wird diese Empfehlung befolgt und für alle Lärmarten (Straße, Schiene, Flugverkehr und Gesamtlärm) einheitlich Rw = 10 m gewählt.

6.5 Einfluss der pauschalen DTV-Werte $DTV_{pauschal}$

Angesichts der momentanen Datenlage lassen sich nur dann alle Straßen als Schallquellen berechnen, wenn alle Straßenabschnitte, die keinen realen DTV-Wert DTV_{real} besitzen, einen pauschalen DTV-Wert $\mathbf{DTV_{pauschal}}$ zugewiesen bekommen (s.S. 149):

- klassifizierte[440] Straßen: $DTV_{pauschal}$ = Q90 = Qxx, allgemein
- Gemeindestraßen: $DTV_{pauschal}$ = 500 Kfz/24h = G500 = Gyyy, allgemein

Es ist zu klären, wie sich die Lärm- und Ruhekarten verändern, wenn man statt der Standardwerte Q90 und G500 die alternativen Parameterwerte Q75, Q50, Q25 und G200 zuweist.

6.5.1 Allgemeine Bedeutung von $DTV_{pauschal}$

Einfluss von $DTV_{pauschal}$ auf L_{mE} und L_{DEN}

Welcher Pauschalwert der „richtige" ist, lässt sich nicht sagen. Für die Lärmkorridore (Kap. 6.3.3, S. 225) wurde angenommen, plausible Werte liegen im Bereich zwischen Q25 und Q90. Berechnet man eine *einzelne* Straße mit 2 verschiedenen Qxx- oder Gyyy-Werten, dann besteht zwischen den Emissions- und auch Immissionspegeln (L_{mE} bzw. L_{DEN}) die Pegeldifferenz

- dL(Qxx, Qzz) = L(Qxx) - L(Qzz) = 10 × log(Qxx/Qzz)

dL misst die Unsicherheit der Pegel, die allein infolge „unsicherer" DTV-Werte entsteht. Eine erste Abschätzung ist mit den Pauschalwerten der Kreisstraßen möglich, weil die am stärksten variieren. Mit ihnen folgt als Faustformel für die **maximale Unsicherheit**:

- dL(Q25, Q90, Kreisstraßen) = 10 × log(3.974/570) = 8,4 dB < **10 dB**

Eine zweite Abschätzung folgt aus Abb. 45. Sie illustriert, wie sich dL ändert, wenn DTV = 2.000 Kfz/24h sukzessive verdoppelt bzw. halbiert wird.

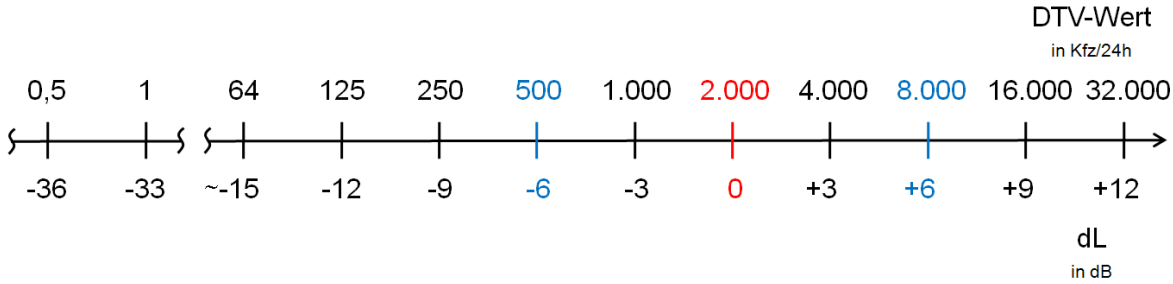


Abb. 45: Einfluss des DTV-Wertes auf die Pegel.

Gemäß Abb. 45 gilt:

- **Unsicherheit/Fehler im** DTV-Wert um einen Faktor 2 entspricht dL = **±3 dB**

[440] Klassifizierte Straßen = Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen = A, B, L und K, s. Tab. 28, S. 149

- **$DTV_{pauschal}$ = 2.000 Kfz/24h** verursacht gegenüber $DTV_{pauschal}$ oder DTV_{real} = 500-8.000 Kfz/24h Unsicherheiten/Fehler von **maximal dL = 6 dB**, was für *strategische* Lärmkartierungen (noch) akzeptabel sein *kann*
    - Viele nicht-gezählte Straßen dürften im Bereich 500-8.000 Kfz/24h liegen
        - Ausnahme: einige Gemeindestraßen in größeren Städten, s.S. 249
    - DENNOCH: widmungsspezifische Pauschalwerte Qxx und Gyyy sind einem Einheitswert von 2.000 Kfz/24h o.Ä. vorzuziehen

⇨ Lärm- und Ruhekarten reagieren relativ *un*empfindlich auf
    - Unsicherheiten in der Wahl des „richtigen" Pauschalwertes $DTV_{pauschal}$
    - fehlerhafte Pauschal- o. Realwerte $DTV_{pauschal}$, DTV_{real} ≠ wahrer DTV-Wert

Faustformeln:

- **pauschale** DTV-Werte sind *besser* als **keine** DTV-Werte
- **reale** DTV-Werte sind *besser* als **pauschale** DTV-Werte[441]

Die beiden Aussagen sind handlungsleitend für diese Arbeit, die deshalb auch ganz anders mit DTV-Werten umgeht als gängige END-Kartierungen (Tab. 55).

Tab. 55: Umgang mit DTV-Werten: Vergleich von HEplus mit 1:1-Kartierungen – Hessen, 2. Stufe.
Legende: END = DTV8000END = 1:1-Kartierung nach END (2 ff. Stufe) mit DTV_{real} > 8.000 Kfz/24h
≙ Lärmkartierung Hessen 2012 außerhalb der 5 Ballungsräume, s.S. 253: Tab. 59, Nr. 2c
Datengrundlage: Tab. 60 (S. 258) und Tab. 34, S. 170. Angaben gültig für Hessen.

Nr.	Kartierung/ Modell	Anteil der Straßen mit DTV =			Fehler durch DTV ≠ DTV_{real}
		DTV_{real}	$DTV_{pauschal}$	0 Kfz/24h ≙ *nicht* berechnet	
1	HEplus	26,8 %	73,2 %	**0,0 %**	< 10 dB, oft: ≪ 10 dB
2	END	6,0 %	0,0 %	**94,0 %**	-∞ dB

Die Konsequenzen aus Tab. 55 lauten zusammengefasst:

- **HEplus** nutzt viel mehr *reale* DTV-Werte und *insgesamt* viel mehr DTV-Werte
- **HEplus** verursacht landesweit **viel weniger Fehler als 1:1-Kartierungen:**
    - Fehler(HEplus) ≪ Fehler(END) = Fehler(1:1-Kartierungen)

Q90-Pauschalwerte als „Worst Case"-Fall

Die relativ hohen Q90-Pauschalwerte stellen für Ruhige Gebiete, Lärmbelastungen und Belastete den „Worst Case"-Fall dar (s.S. 149 und S. 125: Tab. 21, Strategie S8), denn sie

- *unter*schätzen die Anzahl und Größe der pRGx
- *über*schätzen die Belastung des Außenraumes (RAS), der Fassaden von Gebäuden, insb. von Wohngebäuden (FAS), und die Belastetenzahlen (VBEB)[442]

⇨ **Die positiven Aspekte fallen zu gering, die negativen zu hoch aus** (s.S. 261)

- ABER: Qxx hat einen eher geringen Einfluss, s. Kap. 6.5.2 und S. 125: Tab. 21, Nr. 8

⇨ Kleine Fehler 1. Art, dafür aber zwangsläufig Fehler 2. Art, s. Tab. 20, S. 120:
    - Selten werden pRGx identifiziert, die in Wirklichkeit keine sind
    - ABER: wahre Ruhige Gebiete (wRG) können unentdeckt bleiben und durch den ausbleibenden Schutz gefährdet sein

Die Q90-Nachteile lassen sich vermindern, indem man folgende **Regeln** beherzigt:

- L_{DEN} *nicht* als Schwelle, sondern als Qualität verwenden, s. Kap. 2.4, S. 107

[441] Im konkreten Anwendungsfall ist jedoch stets zu prüfen, ob es effizient ist, Realwerte zu verwenden, s. Abb. 25, S. 184.
[442] Gebäude = Wohngebäude, Schulen und Krankenhäuser lt. Anhang 6 der END. Unabhängig davon lassen sich FAS-Pegel um beliebige Gebäude bzw. ALK-Objekte berechnen.

- pRGx um andere (positive und negative) Faktoren ergänzen
- Lärmkarten mit verschiedenen Pauschalwerten erstellen, z.B. mit Q90 und Q25
  - ⇨ Spannweiten und Übergangsbereiche ermitteln und beachten, s.S. 249
- Langfristig mehr Straßen mit realen DTV-Werten versorgen, s.S. 165

Jetzt zu den konkreten Auswirkungen der Pauschalwerte in HEplus.

6.5.2 Summativer und räumlicher Vergleich

Anteil der Straßen mit pauschalen DTV-Werten pro Straßenwidmung WDM

Zwischen $DTV_{pauschal}$ und den 5 **Straßenwidmungen WDM** = A, B, L, K und G[443] bestehen folgende allgemeine Zusammenhänge (s.a. Tab. 56):

- Einfluss von $DTV_{pauschal}$ *umso stärker, je mehr* Straßen einer Straßenwidmung Pauschalwerte besitzen und *je größer* ihr Anteil an der Gesamtlänge aller Straßen ist
  - o Beispiel: Anteile in Tab. 56, Spalte 7-9
- Einfluss von $DTV_{pauschal}$ ist bei Gemeindestraßen (G) i. Allg. auf den Siedlungsraum und bei überörtlichen Straßen (A, B, L und K) i. Allg. auf den Freiraum begrenzt
  - o Beispiele: Abb. 47 und insb. Abb. 48, S. 247 f.

Tab. 56: HEplus (nur ReG): Straßenlängen und -anteile mit DTV_{real} und $DTV_{pauschal}$ pro Widmung.

Legende: Sp. x ≝ Spalte x, WDM-STR ≝ Straßen (STR), welche alle dieselbe Widmung WDM besitzen
Sp. 4 = „insg." = Gesamtlänge der WDM-STR = Sp. 5 + Sp. 6
Sp. 5 bzw. Sp. 6 = Länge aller WDM-STR mit realen bzw. mit pauschalen DTV-Werten
Es gilt: ohne reale DTV-Werte = mit pauschalen DTV-Werten = mit Qxx oder Gyyy
Sp. 7 = Anteil der WDM-STR mit pauschalen DTV an allen WDM-STR = Sp. 6/Sp. 4
Sp. 8 = Anteil aller WDM-STR an der gesamten Straßennetzlänge in ReG (violett) = Sp. 4/47.446 km
Sp. 9 = Anteil der WDM-STR mit pauschalen DTV an allen klass. STR mit pauschalen DTV (braun)
Datengrundlage: Daten der Tab. 34, S. 170.

			Gesamtlänge in HEplus (nur ReG)			Anteil		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr.	**Widmung WDM**	**Abk.**	**insg.**	**mit realen DTV**	**mit pauschalen DTV**	**pauschale** *bzgl.* **insg.**	**insg.** *bzgl.* **Summe insg.**	**pauschale** *bzgl.* **Summe ohne G**
1	Autobahn	A	1.475 km	1.031 km	443 km	30,1 %	3,1 %	6,6 %
2	Bundesstraße	B	3.744 km	3.219 km	525 km	14,0 %	7,9 %	7,8 %
3	Landesstraße	L	8.000 km	6.512 km	1.488 km	18,6 %	16,9 %	22,1 %
4	Kreisstraße	K	5.678 km	1.391 km	4.287 km	**75,5 %**	12,0 %	**63,6 %**
S1	Summe ohne G	-	18.896 km	12.154 km	6.743 km	35,7 %	39,8 %	100 %
5	Gemeindestraße	G	28.550 km	8 km	28.542 km	100,0 %	60,2 %	423,3 %
S2	Summe insg.	-	47.446 km	12.162 km	35.285 km	74,4 %	100,0 %	523,3 %

Als besonders problematisch erweisen sich Gemeinde- und Kreisstraßen:

- Gemeindestraßen: 100 % besitzen $DTV_{pauschal}$ ⇨ Anteil am Gesamtnetz: 60,2 %
- Kreisstraßen: 75,5 % besitzen $DTV_{pauschal}$ ⇨ Anteil am Gesamtnetz: nur 12,0 %
  - o ABER: **63,6 % aller *klassifizierten*** Straßen **mit $DTV_{pauschal}$** sind **Kreisstraßen**

⇨ Für **Kreis- und Gemeindestraßen** sind mehr reale DTV-Werte zu erheben[444]

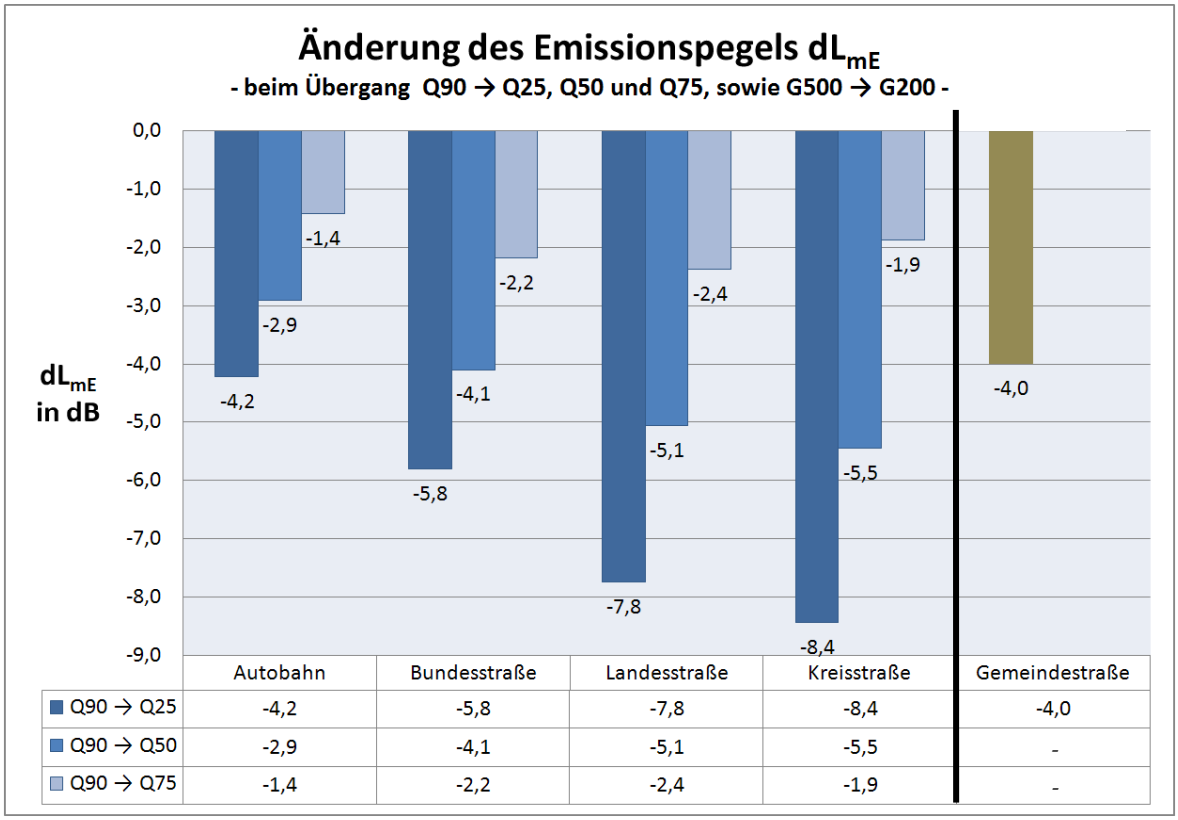
[443] A, B, L, K und G = Autobahnen, Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen, s. Tab. 28, S. 149.
[444] Siehe S. 165 und auch S. 150 u. 158.

Räumlich sollte sich der Einfluss von $DTV_{pauschal}$ also vor allem in der Nähe von Gemeinde- und Kreisstraßen bemerkbar machen – vorausgesetzt, in unmittelbarer Nachbarschaft liegen keine anderen Straßen mit höheren DTV-Werten, in deren Lärm alles andere „untergeht“ (S. 247). Der Einfluss von $DTV_{pauschal}$ hängt allerdings nicht allein von der räumlichen *Verteilung* der Pegeländerungen ab, sondern auch von deren *Höhe*.
Um die Höhe der Pegeländerungen geht es daher im nächsten Abschnitt.

Einfluss von $DTV_{pauschal}$ auf die *Emissions*pegel L_{mE}
Der Emissionspegel L_{mE} einer Straße hängt u.a. vom DTV-Wert ab und ändert sich beim Übergang von Qxx nach Qzz bzw. Gyyy ➡ Gzzz um

- $dL_{mE}(Qxx, Qzz) = L_{mE}(Qxx) - L_{mE}(Qzz) = 10 \times \log(Qxx/Qzz)$ bzw.
- $dL_{mE}(Gyyy, Gzzz) = L_{mE}(Gyyy) - L_{mE}(Gzzz) = 10 \times \log(Gyyy/Gzzz)$

Abb. 46 zeigt dL_{mE}[445] für die Übergänge Q90 ➡ Q25, Q50 und Q75 sowie G500 ➡ G200.
Die zur Berechnung erforderlichen Pauschalwerte stammen aus Tab. 49 (S. 227).



	Autobahn	Bundesstraße	Landesstraße	Kreisstraße	Gemeindestraße
Q90 → Q25	-4,2	-5,8	-7,8	-8,4	-4,0
Q90 → Q50	-2,9	-4,1	-5,1	-5,5	-
Q90 → Q75	-1,4	-2,2	-2,4	-1,9	-

Abb. 46: Änderung dL_{mE} des Emissionspegels L_{mE} für die Übergänge Q90 ➡ Qxx und G500 ➡ G200.

Von allen klassifizierten Straßen fallen **Kreisstraßen** durch 3 Eigenschaften auf:

- höchste Pegeländerung + höchster Anteil mit $DTV_{pauschal}$ + landesweite Verteilung

Die 3 Einflussgrößen wirken alle in dieselbe Richtung. Deshalb reagiert die Umgebung von Kreisstraßen besonders sensibel auf die gewählten Qxx-Werte und es gilt (s.o.):

- Für **Kreisstraßen** sind **mehr reale DTV-Werte** zu erheben, s.a. Tab. 34, S. 170 ff.

[445] dL_{mE} ist für alle 3 Zeitbereiche D, E und N gleich.

Einfluss von $DTV_{pauschal}$ auf die *Immissions*pegel L_{DEN}

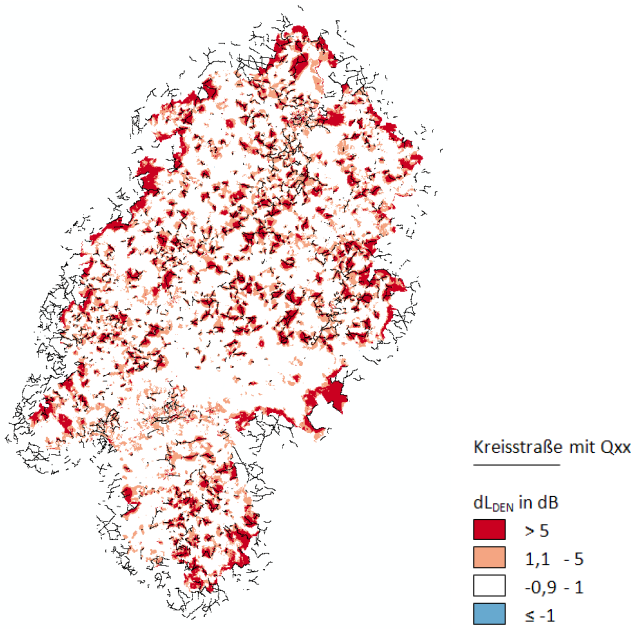
Analog zu Kap. 5.2 (S. 187) wird der Einfluss von $DTV_{pauschal}$ auf L_{DEN} anhand von Pegeldifferenzkarten untersucht. Die entstehen, wenn man von der Lärm- u. Ruhekarte des Standardmodells (Q90, G500) die des Parametermodells (Qxx, Gyyy) „subtrahiert", d.h. für jeden Rasterpunkt (IP) die Pegeldifferenz der Immissionspegel berechnet:

- dL_{DEN} = L_{DEN}(Q90, G500) - L_{DEN}(Qxx, Gyyy)

Ist in beiden Modellen Gyyy = G500 = konstant, dann wird als Abkürzung geschrieben:

- dL_{DEN} = dL_{DEN}(Q90, Qxx) = L_{DEN}(Q90, G500) - L_{DEN}(Qxx, G500)

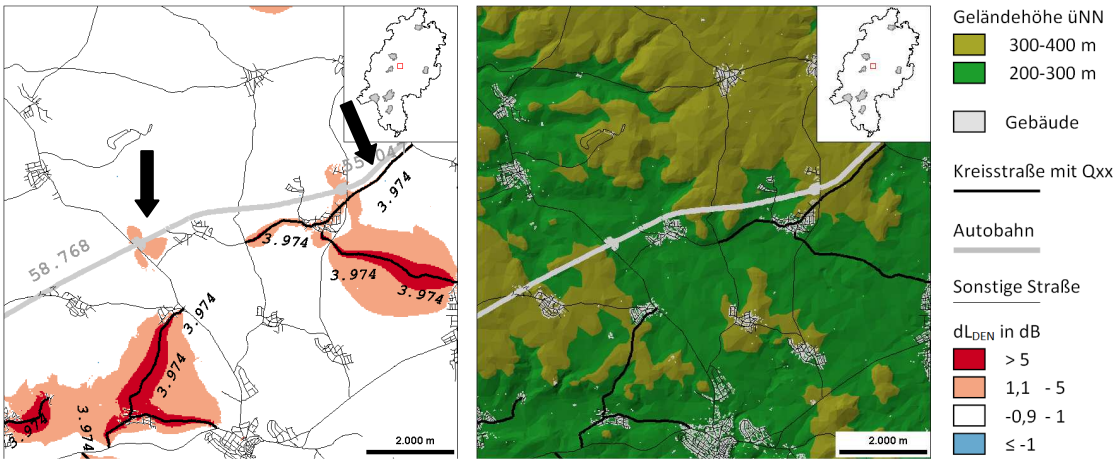
Abb. 47 zeigt für die am stärksten voneinander abweichenden Pauschalwerte Q90 und Q25 sowohl die Pegeldifferenzen dL_{DEN}(Q90, Q25) > 1 dB (rote Flächen) als auch alle Kreisstraßen, die pauschale DTV-Werte Qxx besitzen (schwarze Linien).



a) dL_{DEN} = dL_{DEN}(Q90, Q25) *b) Legende*

Abb. 47: HEplus: Pegeldifferenzkarte für den Übergang Q90 ➡ Q25 – Übersicht.

Abb. 48 (s. nächste Seite) verdeutlicht die Auswirkungen von Q90 ➡ Q25 im Detail. Im Gegensatz zu Abb. 47 sind nun alle Straßen dargestellt und die Kreisstraßen mit Qxx-Pauschalwerten durch dicke schwarze Linien hervorgehoben.



a) dLDEN = dLDEN(Q90, Q25) *b) DGM als TIN, ALK und STR* *c) Legende*

Abb. 48: Pegeldifferenzkarte für den Übergang Q90 ➡ Q25 – Detail.

Legende: Ausschnitt = Teil der Gemeinde Grünberg mit vollständigem Straßennetz STR, s.a. Abb. 52, S. 265
linker Pfeil = Autobahnauffahrt zur A5: Auffahrt erhält stets Qxx/3 zugewiesen (s. Fußnote 311, S.164)
Die A5 besitzt reale DTV-Werte von DTVreal = 58.768 bzw. 55.047 Kfz/24h
rechter Pfeil: Trotz dLmE(Q90, Q25) = 8,4 dB gilt hier: dLDEN ~ 0 dB, weil 3.974 Kfz/24h ≪ 55.047 Kfz/24h

Die beiden Karten bestätigen die vorher schon abgeleiteten Ergebnisse und zeigen:

- Hohe und höchste Pegeldifferenzen dLDEN > 5 dB treten oft – aber nicht immer – um Kreisstraßen mit Qxx-Werten auf
- **dLDEN > 5 dB** kann sich **bis ca. 500 m** zu beiden Seiten der (Kreis)Straße erstrecken, ist aber auf maximal 8 dB beschränkt. Das stimmt gut mit den Differenzen der Emissionspegel in Abb. 46 (S. 246) überein – dort: 8,4 dB für Kreisstraßen

Die konkreten Auswirkungen hängen von der akustischen Topologie (s.S. 136) und dabei insbesondere von den benachbarten Straßen ab. Beispielsweise wirken sich Qxx-Änderungen um die nördlichste Kreisstraße (rechter Pfeil in Abb. 46a) nicht aus (dLDEN ~ 0 dB), weil dort die nur 150 m entfernte Autobahn A5 immer höhere Teilpegel erzeugt als die Kreisstraße, unabhängig von ihrem Qxx-Wert.[446]

Häufigkeit der Pegeldifferenzen dLDEN und Auswirkungen auf den LDEN-Mittelwert

Wie häufig die Pegeldifferenzen dLDEN(Q90, Qxx) auftreten und wie sich dadurch die LDEN-Mittelwerte in HEplus ändern, verdeutlicht Tab. 57.

Tab. 57: Einfluss von DTVpauschal auf Häufigkeit der Pegeldifferenzen dLDEN und LDEN-Mittelwerte.

*Legende: dLDEN = LDEN(**Q90**, G500) - LDEN(**Qxx**, G500), mit Qxx = Q25, Q50 u. Q75, G500 = konstant*
*bzw. dLDEN = LDEN(Q90, **G500**) - LDEN(Q90, **G200**), mit Gyyy = G500 u. G200, Q90 = konstant*
*<LDEN> = LDEN-Mittelwert. Im Standardmodell gilt: <LDEN(Q90, G500)> = **47,7 dB(A)***
„-“ = unbesetzte Pegelklasse, d.h. exakt 0 % ≙ 0 RAS-Pegel

Modell	Häufigkeit der Pegeldifferenzen dLDEN i. Vgl. zu Q90 bzw. G500										Mittelwert
	0-1 dB	1-2 dB	2-3 dB	3-4 dB	4-5 dB	5-6 dB	6-7 dB	7-8 dB	8-9 dB	> 9 dB	<LDEN>
Q25	**62,0 %**	10,0 %	5,1 %	3,6 %	3,2 %	3,3 %	3,5 %	6,3 %	3,1 %	-	45,9 dB(A)
Q50	**65,4 %**	9,7 %	5,6 %	5,1 %	7,8 %	6,6 %	-	-	-	-	46,4 dB(A)
Q75	**76,0 %**	20,0 %	4,0 %	-	-	-	-	-	-	-	47,1 dB(A)
G200	**93,2 %**	2,9 %	1,8 %	2,1 %	-	-	-	-	-	-	47,4 dB(A)

[446] DTV(Kreisstraße, Q90) = 3.974 Kfz/24h und DTV(Kreisstraße, Q25) = 570 Kfz/24h, aber DTVreal(Autobahn) = 55.047 Kfz/24h und damit 14- bzw. 97-mal höher. Selbst die Q90-Kreisstraße ändert den von der Autobahn dominierten Gesamt-Immissionspegel von LDEN > 65 dB(A) um nur wenige 0,1 dB.

Zum Einfluss von $DTV_{pauschal}$ bleibt festzuhalten:

- Die Maximalwerte der *immissions*bezogenen dL_{DEN}-Verteilungen stimmen gut mit den *emissions*bezogenen dL_{mE}-Änderungen in Abb. 46 (S. 246) überein[447]
- Ob man Q90 oder Q75 bzw. G500 oder G200 verwendet, ist nahezu irrelevant
- Trotz verschiedener Qxx- u. Gyyy-Werte **ändern sich viele Pegel nicht**:
    - Bis auf dL = dL_{DEN} **≤ 1 dB** bleiben *un*beeinflusst: **62-93 %**

Der Einfluss von $DTV_{pauschal}$ lässt sich mit dem anderer Parameter vergleichen, indem man *umgekehrt* jeweils die Prozentsätze der Pegel ermittelt, die sich um dL > 1 dB ändern:[448]

- Einfluss von $DTV_{pauschal}$: **7-38 %**
    - *stärker* als der Einfluss eines **einzelnen** optimalen Parameterwertes: **~5 %**
    - *ähnlich* wie der Einfluss **aller** optimalen Parameterwerte zusammen: **~20 %**
    - *viel schwächer* als der Einfluss von **$DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h**: **~81 %**
- Änderung des L_{DEN}-Mittelwertes: bei $DTV_{pauschal}$ **max. 2 dB ≪ 10 dB** bei $DTV_{Schwelle}$[449]

⇨ Pauschalwerte sind Schwellenwerten eindeutig vorzuziehen, s.a. Abb. 25, S. 184

Einfluss von $DTV_{pauschal}$ auf Gemeindestraßen, Siedlungsräume und Belastetenzahlen

$DTV_{pauschal}$ kann reale DTV-Werte dennoch nicht ersetzen. Vor allem Gemeindestraßen in größeren Siedlungsräumen (~ Städten) können sich aus folgenden Gründen als problematisch erweisen:

- Wenn vor dem Siedlungsraum (Ortsdurchfahrt) eine Qxx-Straße ihre Widmung verliert, als Gemeindestraße (Gyyy) durch den Ort geht und danach wieder als Qxx-Straße weiterläuft:
    - ⇨ L_{DEN} wird im Ort unterschätzt, weil i. Allg. Gyyy ≪ Qxx
- Gemeindestraßen können sehr stark befahren sein und DTV_{real} ≫ Gyyy besitzen:
    - <u>Beispiel</u>: Im lokalen Straßennetz BSV-00 (s. Tab. 27, S. 147) gilt für die Wiesbadener Gemeindestraßen – hier mit $dL_{mE} = L_{mE}(DTV_{real}) - L_{mE}(G500)$:
        - 15,8 % mit DTV_{real} ≥ 1.250 Kfz/24h ⇨ dL_{mE} ≥ + 4 dB
        - 3,9 % mit DTV_{real} ≥ 10.000 Kfz/24h ⇨ dL_{mE} ≥ +13 dB
        - **Maximal:** DTV_{real} **~ 30.000 Kfz/24h** ⇨ dL_{mE} ~ **+18 dB**
    - ⇨ In Wiesbaden *können* die *realen Emissions*pegel bis zu 18 dB höher ausfallen
    - ABER: Die hohen *emissions*seitigen Abweichungen übertragen sich **nur im Straßenbereich** des unmittelbar betroffenen Abschnitts ungeschmälert auf die *Immissions*pegel L_{DEN}. Während diese dort folglich um bis zu +18 dB ansteigen, fällt der L_{DEN}-Anstieg in den gut abgeschirmten Innenhöfen mit max. +5 dB weniger dramatisch aus (s.a. S. 194: Tab. 40, Nr. 29)

Abhilfe können auch hier wieder nur mehr reale DTV-Werte schaffen (s.S. 165).

---

[447] Bei genauerer Betrachtung gibt es einige wenige Rasterzellen mit $dL_{DEN} > dL_{mE}$. Der Fall tritt auf, wenn zwei oder mehr Straßenabschnitte mit Qxx-Werten nahe beieinanderliegen und sich ihre Pegeldifferenzen addieren.

[448] Nomenklatur:

- Pegel werden **beeinflusst**, wenn **dL > 1 dB**, wobei dL = dL_{DEN} = L_{DEN}(Q90) - L_{DEN}(Qxx) bzw. analog für G500 und Gyyy
- Pegel bleiben ***un***beeinflusst, wenn dL ≤ 1 dB

⇨ <u>Beispiel</u>: 4 Parameter jeweils mit Anteil *un*beeinflusster Pegel und **Einfluss** = 100 % - Anteil *un*beeinflusster Pegel:

▪ $DTV_{pauschal}$:	62-93 %,	s. Tab. 57: 62 % für Q25 u. 93 % für G200	⇨	Einfluss = 38-7 %
o *ein* einzelner optimaler Parameter:	~95 %	s.S. 209	⇨	Einfluss = 5 %
o *alle* optimalen Parameter:	80 %,	s.S. 209	⇨	Einfluss = 20 %
o $DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h:	18,8 %,	s. Tab. 62, S. 262: Zeile 1, Spalte 2	⇨	Einfluss = 81 %

[449] Um ~10 dB unterscheiden sich auch die L_{DEN}-Mittelwerte für FAS:

- **FAS**-Mittelwert für DTV0, DTV8000 u. DTV8000END: 55,7, 44,0 u. 42,1 dB(A) ⇨ dL(FAS, $DTV_{Schwelle}$) = **11,7-13,6 dB**
- **RAS**-Mittelwert für DTV0, DTV8000 u. DTV8000END: 47,7, 36,9 u. 37,8 dB(A) ⇨ dL(RAS, $DTV_{Schwelle}$) = **10,8- 9,9 dB**

<u>Datengrundlage</u>: a) FAS: Fußnote 512, S. 282. b) RAS: S. 260: Tab. 61, Nr. 18: OHNE extrapolierte Pegel und OHNE NoData.

6.5.3 Einfluss von $DTV_{pauschal}$ auf die pRG35

Änderung der pRG35 beim Übergang Q90 ➡ Q25

Extrahiert man die pRG35(Qxx) einmal aus der Lärm- und Ruhekarte mit Q90 und ein zweites Mal aus der mit Q25 (G500 bleibt unverändert), dann wirkt sich das wie folgt aus:

- für Hessen:
  - o Gesamtfläche der pRG35(Q90) = 2.526 km²
  - o Gesamtfläche der pRG35(Q25) = 3.237 km²
  - ⇨ Erhöhung gegenüber Q90 + 711 km² ≙ **+28 %**
- für HEplus:
  - o Gesamtfläche der pRG35(Q90) = 2.964 km²
  - o Gesamtfläche der pRG35(Q25) = 3.952 km²
  - ⇨ Erhöhung gegenüber Q90 + 988 km² ≙ **+33 %**
  - o ABER: **95 %** der Erhöhung entfällt auf pRG35, die schon bei Q90 existieren
  - ⇨ Nur die restlichen 5 % Flächenzuwachs sind „neue" pRG35:
    - ▪ Gesamtfläche aller neuen pRG35: nur ca. **50 km²**
    - ▪ UND: nur **11 neue pRG35** besitzen Flächen **A > 1 km²**
    - ▪ Die größten neuen Flächen betragen 2,7 km², 1,8 km² und 1,6 km²
  - ⇨ Gesamt*anzahl* der pRG35 über 1 km² steigt von 378 auf 500 bei Q25[450]

Der Einfluss von Qxx auf die pRG35 ist insgesamt als eher **gering** einzustufen.

Änderung der pRG35 beim Übergang G500 ➡ G200

Verkleinert man bei Gemeindestraßen den Pauschalwert von G500 auf G200 (Q90 bleibt unverändert), dann wirkt sich das in HEplus wie folgt aus:

- Die Gesamtfläche der pRG35 steigt um **+3,5 %** – statt +33 % bei Q25
- Die pRG35 dehnen sich um **max. 120 m** zur G200-Straße hin aus, s.a. Tab. 49, S. 227
- Die Fläche des größten vollkommen „neu" entstehenden pRG35 beträgt **0,13 km²**
  - o Geringe Bedeutung, weil seine Fläche klein ist und es nur 500 m von einem 2,5 km² großen, auch bei G500 schon vorhandenen pRG35 liegt
- ⇨ G200 wirkt sich auf L_{DEN} und die pRG35 noch geringer aus als Q25
- ⇨ Der Einfluss von Gyyy ist **weitaus geringer** als der von Qxx

Für großflächige pRGx in unbebauten Bereichen sind Gemeindestraßen – und damit der Wert von Gyyy – fast immer bedeutungslos. Von dieser *spezifischen* Aufgabe abgesehen, dürfen Gemeindestraßen jedoch in *bestmöglichen* Lärmkartierungen keinesfalls fehlen, wie das nächste Kapitel zeigen wird. Ohne sie lassen sich im Siedlungsraum keine pRGx kartieren (Kap. 6.6) und die Belasteten werden etwa um die Hälfte unterschätzt[451]. Notfalls und im Regelfall (s.o.) sind den Gemeindestraßen pauschale DTV-Werte zuzuweisen.

---

[450] Neben den oben erwähnten 11 „neuen" pRG35 kommen noch weitere 101 hinzu. Die liegen bei Q90 knapp unter 1 km² und überschreiten diese Schwelle bei Q25, weil die schwächeren Q25-Schallquellen eine geringere Reichweite besitzen. Beispiel: Bei einer Q90- bzw. Q25-Kreisstraße beginnt ein pRG35 in 1.360 m bzw. 600 m Entfernung, s. Tab. 49, S. 227.

[451] Für den Anteil der Bevölkerung des Bundeslandes Hessen, der durch Lärm mit L_{DEN} > 55 dB(A) belastet ist, gilt nach Jäschke (2011a):

a) DTV0 = Modell mit Gemeindestraßen: 54,9 %
b) DTV501 = Modell ohne Gemeindestraßen: 29,6 %

Beachte: Abweichung zwischen den oben zitierten 54,9 % und den 54,4 % in Tab. 69 (S. 281), weil die 54,9 % noch nicht die in Fußnote 510 (S. 281) unter Nr. B erwähnten Korrekturen enthalten. Die Differenz von 0,5 Prozentpunkten ist jedoch absolut und erst recht relativ gesehen irrelevant.

6.6 Einfluss der DTV-Schwelle $DTV_{Schwelle}$

Welchen Einfluss DTV-Schwellen auf Lärm- und Ruhekarten ausüben, ist schon deshalb zu klären, weil die END mit $DTV_{Schwelle}$ = 16.000 bzw. 8.000 Kfz/24h sehr hohe Schwellenwerte vorgibt (s. Tab. 4, S. 67 und Tab. 58, unten).

6.6.1 Allgemeine Bedeutung von $DTV_{Schwelle}$

Pauschal- und Schwellenwerte sind strikt voneinander zu trennen:[452]

- $DTV_{Schwelle}$ bestimmt, **ob** eine Straßenquelle **aktiv** ist:
  - aktiv: DTV_{real} *oder* $DTV_{pauschal}$ ≥ $DTV_{Schwelle}$
  - inaktiv: DTV_{real} *oder* $DTV_{pauschal}$ < $DTV_{Schwelle}$
- $DTV_{pauschal}$ bestimmt, **wie stark** eine Straßenquelle ist

Beide Werte können **unabhängig voneinander** gewählt werden.

DTV-Schwellen stehen als **Eingangsfilter** (Filter ❶ in Abb. 53, S. 269, s.a. Abb. 7, S. 122) ganz am Anfang einer Lärmkartierung und bestimmen, wie groß die (maximal) nutzbare Informationsmenge sein wird. Um diese zu vergrößern, muss man das „DTV-Filter" durchlässiger machen oder am besten ganz entfernen. Dazu ist es erforderlich, das alte Modell um zusätzliche Straßen mit DTV < $DTV_{Schwelle}$ zu ergänzen und neu zu berechnen – eine häufig sehr zeitintensive Aufgabe, die Tage, Wochen oder Monate dauern kann.
Im Gegensatz dazu legen **Analysefilter** (Filter ❷ in Abb. 53) lediglich fest, welche der nutzbaren Informationen man tatsächlich auch nutzt (sprich: analysiert). So beschränken sich die pRGx-Analysen in dieser Arbeit zwar auf x = 35, um den Aufwand zu reduzieren, lassen sich aber *im Standardmodell* – wegen $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h – für beliebige x-Werte wiederholen, ohne dass man ein neues Modell aufbauen muss (s.a. Kap. 2.4.3, S. 114).
Absolut wirkende Eingangsfilter sind daher viel kritischer als relative Analysefilter.

6.6.2 DTV-Schwellen in Rechtsnormen

Tab. 58 (s. nächste Seite) enthält DTV-Schwellen aus neuen und alten Rechtsnormen zur Lärmkartierung:

- den seit 2005 gültigen neuen §§ 47a-f BImSchG ≙ END
- des von 1990-2005 gültigen alten § 47a BImSchG
  - inkl. der dazu bestehenden Handlungsanleitungen und DIN 45682 (2002)

Die **Diskrepanzen** zwischen neuer und alter Rechtsnorm:

- §§ 47a-f-neu BImSchG ≙ END mit $DTV_{Schwelle}$ = **8.000** Kfz/24h und
- § 47a-alt BImSchG mit $DTV_{Schwelle}$ = **500** Kfz/24h

sind **enorm**, **und** die Situation ist als **anachronistisch** zu bezeichnen:

- $DTV_{Schwelle}$(neu, 2012 ff.) = 8.000 Kfz/24h ≫ 500 Kfz/24h = $DTV_{Schwelle}$(alt, 1990)
- ⇨ 1:1-Lärmkarten bedeuten 2012 ff. einen **Rückschritt um ca. 20 Jahre**

Wie am Beispiel Hessen gezeigt (S. 95), fällt das Gesamturteil noch negativer aus:

- **Die END kann** die Lärmminderungsplanung in **Deutschland** großflächig um etwa **40 Jahre zurückwerfen,** *wenn* es in der 2. Stufe 2012 bei einer 1:1-Umsetzung bleibt – und das trotz aller technischen Fortschritte[453]

Die vorliegende Arbeit zeigt, wie dieser Missstand *technisch* zu beseitigen ist (s.S. 368).

---

[452] Die Aussagen lassen sich verallgemeinern und gelten sinngemäß auch für Zugzahlen usw.
[453] Das gilt nicht für alle Mitgliedstaaten, insbesondere für jene nicht, die aufgrund der END erstmals Lärmkartierungen durchführen, siehe z.B. Condorachi (2009).

Tab. 58: DTV-Schwellen in neuen und alten Rechtsnormen: END ⇔ § 47a-alt BImSchG.
Legende: Einw. = Einwohner, HVS = Hauptverkehrsstraße, Fettdruck = DTV-Schwellen = $DTV_{Schwelle}$ – die der END gemäß Fußnote 54 (S. 73) auf volle 1.000er gerundet. Weitere Begriffe: s. Fußnote 454. Betrachtete Handlungsanleitungen: Hessen (1993) u. Rheinland-Pfalz (1996).

Nr.	Rechtsnorm	Straßen mit DTV ≥ $DTV_{Schwelle}$ sind zu kartieren			
1	END	zeitliche Bedingung			
		1. Stufe 2007		2. Stufe 2012 u. alle weiteren Stufen	
		räumliche Bedingung			
		Ballungsraum	Nicht-Ballungsraum	Ballungsraum	Nicht-Ballungsraum
		> 250.000 Einw.	≤ 250.000 Einw.	> 100.000 Einw.	≤ 100.000 Einw.
		≥ 8.000 Kfz/24h[455] + sonstige Straßen ⇨ keine Schwelle	**≥ 16.000 Kfz/24h, nur HVS ⇨ Schwelle**	**≥ 8.000 Kfz/24h + sonstige Straßen ⇨ keine Schwelle**	**≥ 8.000 Kfz/24h, nur HVS ⇨ Schwelle**
2	§ 47a-alt BImSchG 1. Handlungsanleitung 2. DIN 45682 (2002)	2-phasiges Vorgehen: 1. Prüfen, ob auf dem Gemeindegebiet Straßen mit DTV • **> 1.000 Kfz/24h** in *weniger* als 10 m Entfernung oder • **> 3.000 Kfz/24h** in *genau* 10 m Entfernung von schutzwürdigen Gebieten oder Einrichtungen liegen und von daher schädliche Umwelteinwirkungen zu erwarten sind. 2. Wenn JA, dann ist eine Lärmkartierung durchzuführen. Welche Straßen wie zu kartieren sind, hängt vom DTV-Wert ab. Wenn DTV • **> 3.000 Kfz/24h:** ⇨ zu kartieren, DTV_{real} zu verwenden • **= 500-3.000 Kfz/24h:** ⇨ zu kartieren, $DTV_{pauschal}$ *in der Regel* ausreichend • **< 500 Kfz/24h:** ⇨ *in der Regel* nicht zu kartieren			

Tab. 58 besagt, dass für die END folgende Aussagen gelten:

- *Keine* eindeutige DTV-Schwelle für Ballungsräume vorgegeben:
  - $DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h als *Maximal*wert, der aber durch „sonstige Straßen" vermindert wird – jedoch unklar, wie stark. Möglicher Wertebereich:
    - $DTV_{Schwelle}$ = 0-8.000 Kfz/24h, typisch: $DTV_{Schwelle} \gg 0$ Kfz/24h
  - Großer Spielraum zwischen den beiden Extrempositionen (2. Stufe):
    a) „wie außerhalb", d.h. auch hier: $DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h
    b) „alle Straßen lärmrelevant", d.h.: $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h
  - Beispiel 1: amtliche Karten, 1. Stufe[456]: $DTV_{Schwelle}$ = 1.000-16.000 Kfz/24h

---

[454] Die Begriffe der Tabelle sind wie folgt zu verstehen:

- **Hauptverkehrsstraße (HVS)**:
  - ⇨ Art. 3 lit. n END: „regionale, nationale oder grenzüberschreitende Straße ..."
  - ⇨ § 47b Nr. 3 BImSchG: „Bundesfernstraße, Landesstraße oder auch sonstige grenzüberschreitende Straße ..."
- **Ballungsraum:**
  - ⇨ Art 3 lit. k END: „... einen durch den Mitgliedstaat festgelegten Teil seines Gebiets mit einer Einwohnerzahl von über 100 000 und einer solchen Bevölkerungsdichte, dass der Mitgliedstaat den Teil als Gebiet mit städtischem Charakter betrachtet."
- **städtischer Charakter:**
  - ⇨ § 47b BImSchG: „... Bevölkerungsdichte von mehr als 1.000 Einwohnern pro Quadratkilometer." – nationale Konkretisierung
- **Straßenverkehr** bzw. **sonstige Straßen:**
  - ⇨ Anhang IV Nr. 3 END: Straßenverkehr umfasst mehr als nur Hauptverkehrsstraßen, aber keine Mengenangaben
  - ⇨ § 4 Abs. 1, 34. BImSchV: „sonstige Straßen" sind zu kartieren, „... soweit sie erheblichen Umgebungslärm hervorrufen"
    Offen bleibt, wann die Erheblichkeitsschwelle überschritten ist

  Entwürfe der 34. BImSchV (BMU, 2004, 2005) sahen für die in Ballungsräumen zusätzlich zu kartierenden „sonstigen Straßen" die Hälfte des außerhalb von Ballungsräumen geltenden Schwellenwertes vor, für die 2. Stufe also:
  - $DTV_{Schwelle}$(Ballungsraum) = ½ × $DTV_{Schwelle}$(außerhalb Ballungsraum)
    = 4.000 Kfz/24h

[455] In Übereinstimmung mit Blaschke (2011), wonach sich die Kartierungspflichten für Ballungsräume allein aus der Einwohnerzahl ergeben. In der 1. Stufe sind folglich nur Ballungsräume > 250.000 Einw. zu kartieren, dort aber alle Hauptverkehrsstraßen – definiert über $DTV_{Schwelle}$ = 3 Mio. Kfz/a ~ 8.000 Kfz/24h, s. Art. 3 lit. n END – unabhängig von der Stufe.

- o Beispiel 2: Die amtlichen Lärmkartierungen Hessen 2007/2012 nutzen in Ballungsräumen keine festen DTV-Schwellen, sondern möglichst geschlossene Straßennetze, für die auf Grund der vorhandenen Daten näherungsweise gilt:
  - **$DTV_{Schwelle}$(Hessen, Ballungsräume) = 3.000 Kfz/24h**[457]
- *Keine* eindeutige DTV-Schwelle für *Nicht*-Ballungsräume vorgegeben:
  - o $DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h als *Minimal*wert, den aber die Zusatzbedingung „regionale Bedeutung der Straße" erhöht – auch hier unklar, wie stark:
    - $DTV_{Schwelle} \geq$ 8.000 Kfz/24h

6.6.3 Nomenklatur der Modelle DTVx

Alle anschließend diskutierten Modelle verwenden Q90 und G500. Sie unterscheiden sich nur in der DTV-Schwelle ($DTV_{Schwelle}$). Deshalb gilt ab jetzt die Nomenklatur der Tab. 59.

Tab. 59: Nomenklatur der Modelle DTVx.

Nr.	Nomenklatur	Bedeutung
1	**DTVx**	• HEplus mit $DTV_{Schwelle}$ = x Kfz/24h = *alle* Straßen mit DTV_{real} *oder* $DTV_{pauschal} \geq DTV_{Schwelle}$ = x Kfz/24h sind als Lärmquellen *aktiv* und werden berechnet = Straßen mit DTV < x Kfz/24h sind *nicht aktiv* und werden nicht berechnet
2	**DTVxEND**	• *nur* Straßen mit $DTV_{real} \geq DTV_{Schwelle}$ = x Kfz/24h sind als Lärmquellen *aktiv* = DTVx, jedoch *ohne* Straßen mit $DTV_{pauschal}$
	Spezialfälle	
1a	**DTV0**	• HEplus mit $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h = Standardmodell = Standard = *alle* Straßen sind *aktiv*, entweder mit DTV_{real} oder $DTV_{pauschal} \geq$ 0 Kfz/24h
2a	**SVZ 2005**	• HEplus mit allen DTV_{real} aus SVZ 2005, jedoch *ohne* Straßen mit $DTV_{pauschal}$
2b	**DTV16000END**	= DTV16000, jedoch *ohne* Straßen mit $DTV_{pauschal}$[458] ≙ Lärmkartierung Hessen 2007 *außerhalb* der 2 Ballungsräume (WI und F)
2c	**DTV8000END**	= DTV8000, jedoch *ohne* Straßen mit $DTV_{pauschal}$[458] ≙ Lärmkartierung Hessen 2012 *außerhalb* der 5 Ballungsräume (WI, F, KS, OF und DA)

Die nächsten Abschnitte zeigen, wie sich $DTV_{Schwelle}$ auf die Lärm- und Ruhekarten und insb. auf die pRG35 auswirkt. Karten veranschaulichen den Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ getrennt für den Siedlungs- und Freiraum – Statistiken belegen das quantitative Ausmaß.

6.6.4 Einfluss auf die pRGx im Siedlungsraum – Bad Wildungen u. Frankfurt

Ein ländlicher und ein städtischer Siedlungsraum dienen als Beispiele (Abb. 49):

- **Bad Wildungen**:
  - o A = 120 km², Einwohner = 18.000, Ortslagenanteil α = 6,8 %[459]
- **Frankfurt am Main**:
  - o A = 248 km², Einwohner = 645.000, Ortslagenanteil α = 43,7 %

---

[456] Siehe Jäschke (2012).

[457] Siehe z.B. Abb. 3, S. 73 und S. 147: Tab. 27, Nr. 7.

[458] D.h. alle A, B, L, K und G, die Pauschalwerte besitzen, fehlen. Die Pauschalwerte von L, K und G – $DTV_{pauschal}$ = 7.447, 3.974 und 500 Kfz/24h – liegen sowieso unter den DTV-Schwellen von 16.000 und 8.000 Kfz/24h. Die zugehörigen Straßenabschnitte sind folglich sowohl in DTV16000END als auch DTV16000 nicht enthalten. Gleiches gilt für DTV8000END und DTV8000. Während DTV16000 und DTV8000 alle A und B mit Pauschalwerten – Q90/3 = 35.889 u. Q90 = 21.233 Kfz/24h – beinhalten, fehlen diese in DTV16000END und DTV8000END. Straßenlängen liefert Tab. 60, S. 258.

[459] Es gilt: **Ortslagenanteil α** = 100 % × Gesamtfläche aller Ortslagen in der Gemeinde/Gemeindefläche A.
Bad Wildungen und Frankfurt belegen mit ihren α-Werten unter allen 430 hessischen Gemeinden die Ränge 247 bzw. 3.

Abb. 49 zeigt die jeweiligen Lärmkarten

- der Parametermodelle DTV16000, 8000, 4000, 3000, 2000, 1000 und DTV501
- des Standardmodells DTV0

Die Parametermodelle entstehen aus dem Standardmodell (= Standard), indem man dort $DTV_{Schwelle}$ sukzessive erhöht und nacheinander alle Straßen mit DTV < $DTV_{Schwelle}$ als Schallquellen deaktiviert.

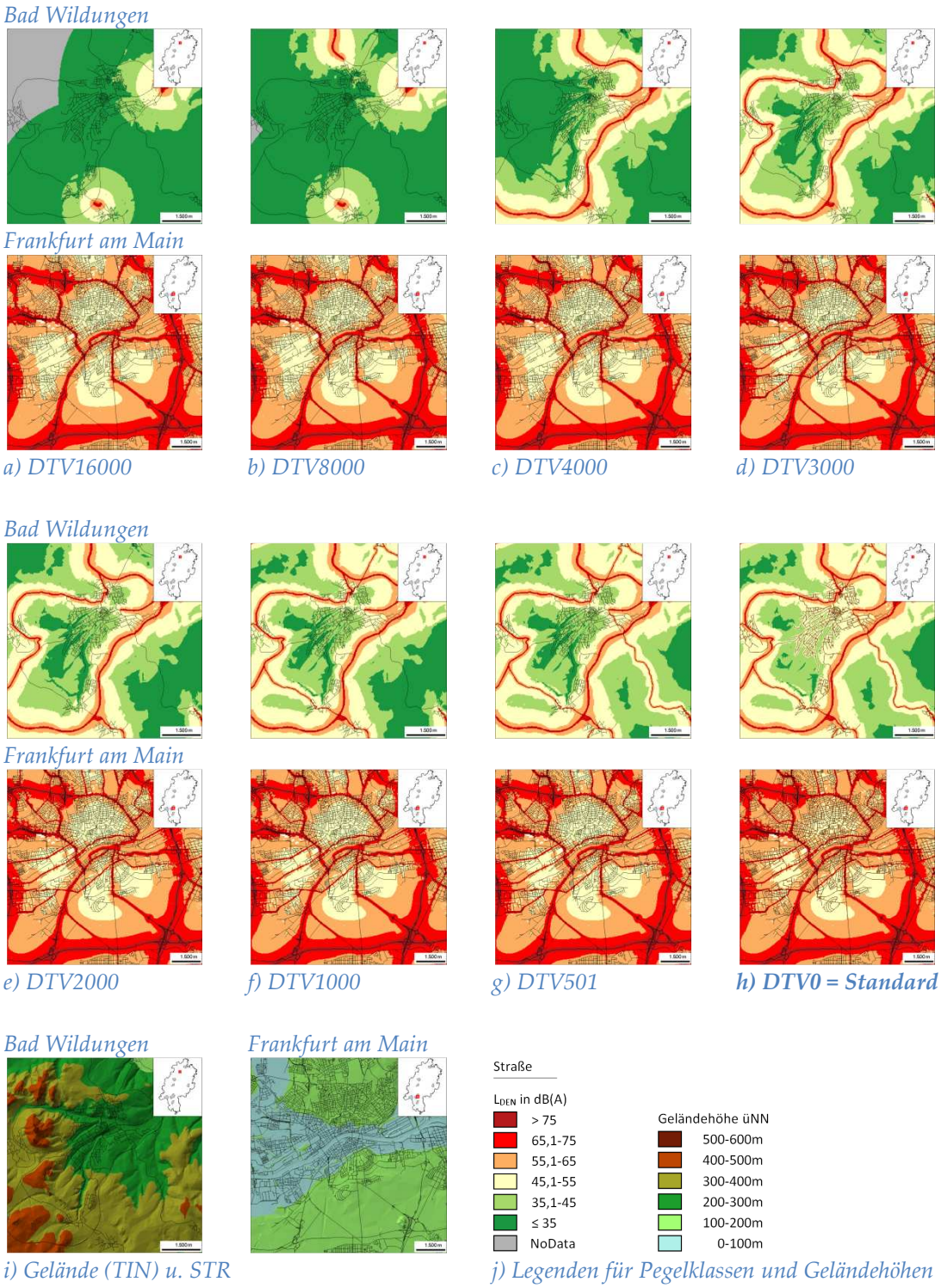


Abb. 49: Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ im ländlichen und städtischen Siedlungsraum.

Schlussfolgerungen aus Abb. 49 sind:

- für Bad Wildungen:
  - pRG35 bestehen auch dann noch, wenn alle Straßen „aktiv“ sind (DTV0)
  - $DTV_{Schwelle}$ ≥ 8.000 Kfz/24 h: ein zusammenhängendes pRG35 existiert
  - Die Veränderungen und damit der Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ sind
    - *relativ gering* beim Übergang DTV3000 ➡ DTV501
    - *am größten* bei DTV4000 ➡ DTV3000 und DTV501 ➡ DTV0
  - Bei DTV501 ➡ DTV0
    - entstehen durch die Gemeindestraßen *in der Stadt* Feinstrukturen, alle pRG35 verschwinden, kleinere **pRG45** bleiben (max. 3,9 ha)
    - halten sich am Stadtrand 3 **pRG35** mit 12,1 ha, 7,7 ha und 6,7 ha
- für Frankfurt (bezogen auf den Kartenausschnitt, d.h. die Innenstadt):
  - **Kein** einziges **pRG45** vorhanden – und das selbst bei DTV16000
  - Die Veränderungen und damit der Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ sind
    - *am größten* wieder bei DTV4000 ➡ DTV3000 und DTV501 ➡ DTV0
    - ABER: nicht so ausgeprägt wie in Bad Wildungen
  - Bei DTV501 ➡ DTV0
    - entstehen ebenfalls Feinstrukturen, vor allem im oberen zentralen **pRG55**, das sich von zuvor ca. 4,1 km² (410 ha) fast völlig auflöst

In Frankfurt wirkt sich $DTV_{Schwelle}$ insg. schwächer aus als in Bad Wildungen, weil bereits bei DTV16000 flächendeckend ein hohes Pegelniveau von L_{DEN} > 45 dB(A) vorliegt, das nur noch relativ geringe Änderungen zulässt.

Die Situation in Bad Wildungen ist typisch für einen ***ländlichen* Siedlungsraum**, der häufig keine oder nur *wenige* starke Straßenquellen (> 8.000 Kfz/24h) besitzt. Abb. 49a und b zeigen, dass dort auch die 2. Stufe der END viele NoData-Pegel und viele fehlerhafte und damit in jedem Falle unbrauchbare Pegel liefern wird (s.a. Abb. 3a, S. 73). Aber selbst wenn die DTV-Schwelle auf 501 Kfz/24h sinkt – es fehlen dann nur noch die Gemeindestraßen – verbleiben große Teile der **Innenstädte** noch immer **pRG35**, was der **Realität widerspricht**.

Frankfurt steht hier i. Ggs. dazu als stellvertretend für einen ***städtischen* Siedlungsraum**, der *viele* starke und *stärkste* Straßenquellen (≫ 8.000 Kfz/24h) beinhaltet. Allein diese „Hauptstraßen“ verursachen bereits ein viel höheres L_{DEN}-Niveau, das als „Lärmteppich“ große Teile des Raumes bedeckt (s.o., Tab. 47 u. Tab. 48, S. 222 u. 225). pRG35 existieren dadurch gar keine und pRG45/pRG55 sind selten. Mit abnehmender $DTV_{Schwelle}$ verändern sich die Grundmuster nur noch geringfügig. Aber dennoch entwickeln sich – relativ zum hohen Ausgangsniveau – markante Feinstrukturen, weil die anfänglich unrealistisch großen pRG55 (ca. 300-400 ha) von den hinzukommenden Straßen in immer kleinere Bruchstücke zerschnitten werden. Am Ende verbleibt nur noch ein Flickenteppich aus **pRG55-Kleinstflächen** (ca. 0,1-10 ha). Diese erstrecken sich bis ins Stadtzentrum und sorgen dort **wohnungsnah** für ***relativ* ruhige** und daher schützenswerte Gebiete.[460]

Das Fazit lautet:

- Die im **Siedlungsraum wertvollen pRGx (x ≤ 55)** *und* Feinstrukturen lassen sich dort **nur *ohne* DTV-Schwellen** zuverlässig kartieren

⇨ Im Siedlungsraum ist $DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h (≙ DTV0) zu wählen

[460] Beispiele: a) Innenhöfe, s.S. 194: Tab. 40, Nr. 10 und 29 sowie Kap. 6.3.1, S. 219
b) Tab. 47, Abb. 43 und Tab. 54, S. 222, 239 und 242

6.6.5 Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf die pRGx im Freiraum

Jetzt wird ganz HEplus betrachtet (Abb. 50). Dabei stehen nicht mehr die innerstädtischen Pegel-Verteilungen im Blickpunkt, sondern die großen pRGx der unbebauten Bereiche (des Freiraumes).

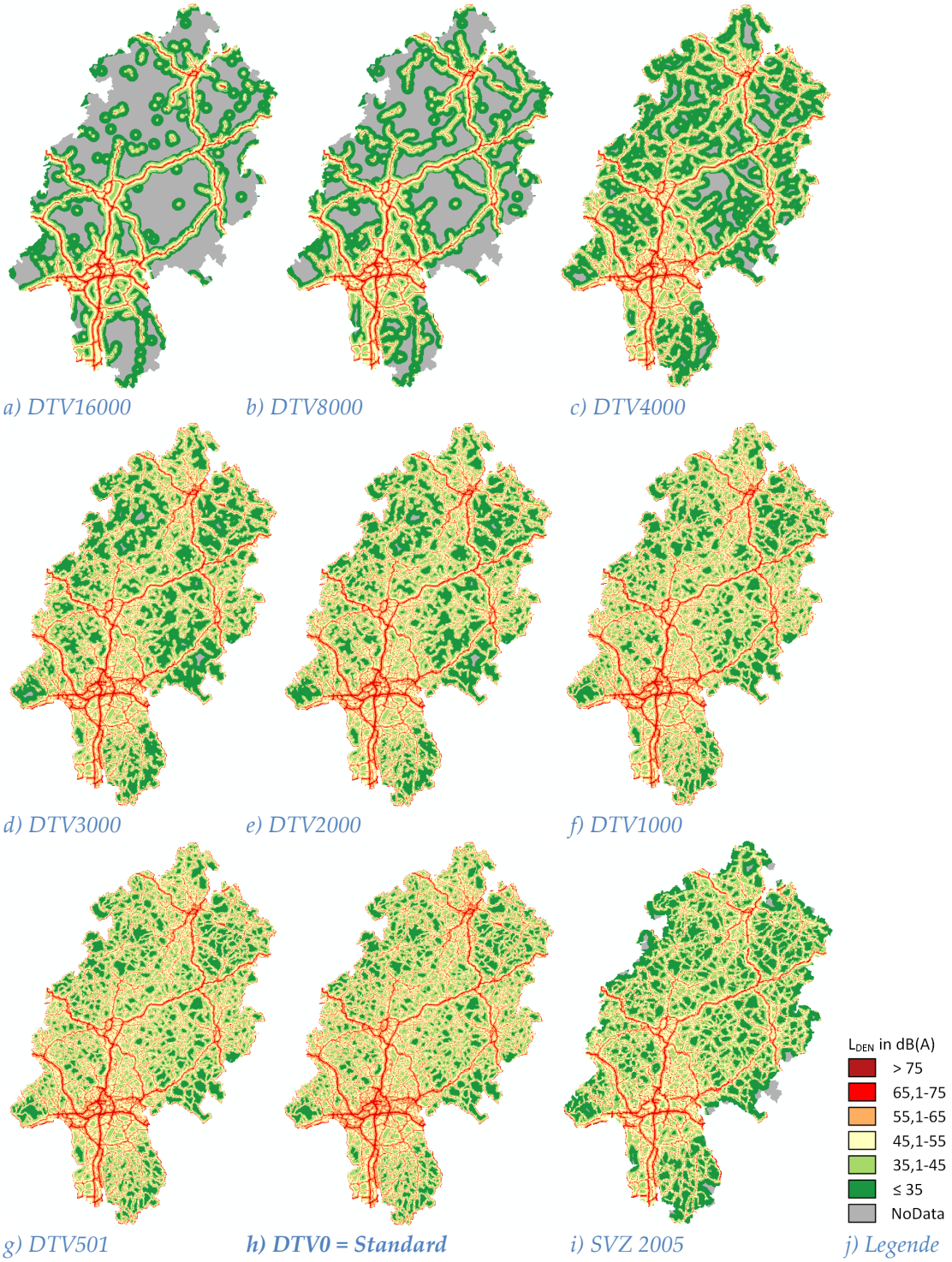


Abb. 50: HEplus: Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ im Freiraum.

Schon auf den ersten Blick wird klar:

- ***Kein einziges* pRGx lässt sich im Freiraum finden**, wenn dort mit hohen DTV-Schwellen wie 16.000 oder 8.000 Kfz/24h kartiert wird (Abb. 50a und b)

Folglich lässt sich die END-Pflicht, Ruhige Gebiete zu schützen, ausgerechnet mit der END-eigenen Kartiermethode unmöglich erfüllen – weil offenbleibt, wo genau sich das Schutzgut befindet (s. Kap. 1.3, S. 70, insb. Abb. 3, S. 73). Da die DTV-Schwellen der 2. Stufe 2012 für alle weiteren Stufen 2017 ff. unverändert bestehen bleiben, folgt:

- Mit der **END-Methode** lässt sich ***dauerhaft kein* einziges Ruhiges Gebiet finden** – weder im Freiraum noch im Siedlungsraum

Nichts anderes besagt auch der **paradox** klingende LAI-Hinweis (2009, S. 5)[461]:

- „Ruhige Gebiete sind deshalb zunächst in den Bereichen zu suchen, die gemäß § 4 Abs. 4 der 34. BImSchV nicht kartiert wurden."

Als **Auswege aus** diesem **Dilemma** kommen in Betracht:

1. Die EU revidiert die END durch eine Neufassung *ohne* Schwellen[462]
2. Die Mitgliedstaaten rücken von ihren 1:1-Umsetzungen ab und erweitern auf nationaler Ebene die Kartierpflichten – Deutschland z.B. durch Änderungen im BImSchG und in der 34. BImSchV
3. Die für die Kartierung zuständigen Stellen rücken von ihren 1:1-Umsetzungen ab und berechnen Lärmkarten *ohne* Schwellen[463]

Option 1 führt zu einer EU-weit einheitlichen Verbesserung und ist deshalb trotz der langen Dauer von Rechtsetzungsverfahren zu favorisieren. Als sofort realisierbare Zwischenlösung kommt Option 3 in Frage, da sie lediglich vom Willen der (lokal) zuständigen Behörde und ggf. deren Aufsichtsbehörde abhängt.

Zurück zu Abb. 50, wo noch auf einige Sachverhalte hinzuweisen ist:

- Bei den z.T. punktförmigen **„Lärminseln"** (Abb. 50a und b) handelt es sich um **Artefakte der Modellaufbereitung**. Sie entstehen dort, wo *gezählte* Bundesstraßen (B) *nicht*-gezählte Zu-/Abfahrten besitzen (s.a. S. 164) *und* wenn dort gilt[464]:
    - DTV(B-Abschnitt) = DTV(SVZ 2005) < $DTV_{Schwelle}$ = 16.000 Kfz/24h
    - DTV(B-Zu-/Abfahrt) = Q90 = 21.233 Kfz/24h > $DTV_{Schwelle}$ = 16.000 Kfz/24h

  Dann wird der Abschnitt nicht kartiert, die Zu-/Abfahrt schon. Wenn letztere die einzige Straße innerhalb des Suchradius r_S ist, dann verursacht sie eine „bunte Lärminsel" in einer sonst grauen Umgebung. Ähnliche Artefakte treten bei Zu-/Abfahrten von Autobahnen, Ortsdurchfahrten und Kreiseln auf, fallen dort aber häufig optisch nicht auf
- Die Veränderungen und damit der Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ sind
    - *visuell am größten* bei DTV8000 ➡ DTV4000[465]
- Die pRG35 ändern sich *visuell* bei DTV1000 ➡ DTV501 ➡ DTV0 kaum noch
    - ⇨ **Für *großflächige* pRG35** ist **$DTV_{Schwelle}$ ≤ 1.000 Kfz/24h** *akzeptabel*

Die „optischen Eindrücke" der letzten Abschnitte werden nun durch Statistiken vertieft.

---

[461] Vom LAI (2009, S. 5) für „Ruhige Gebiete auf dem Land" festgestellt, trifft die Aussage nach Kap. 6.6.4 auch für Siedlungsräume und damit insbesondere auch Ballungsräume zu. Zu den Begriffen s.a. Fußnote 405, S. 221.

[462] Die END soll vor der 3. Stufe 2017 in zahlreichen Punkten überarbeitet werden, eine Absenkung oder Streichung der DTV-Schwellen scheint aber *nicht* vorgesehen zu sein (EU, 2012).

[463] Mögliche Varianten: a) 1 Akustik-Modell *ohne* END-Schwellen. b) 2 Akustik-Modelle: eines *mit* END-Schwellen, um die Meldepflichten an die EU zu erfüllen und eines *ohne* END-Schwellen, um brauchbare Lärmkarten für die Lärmaktionsplanung zu erzeugen. c) 1 Akustik-Modell *mit* END-Schwellen, ergänzt durch andere Kartiermethoden, um Ruhige Gebiete zu finden, s.a. Abb. 5, S. 116.

[464] Analoges gilt für $DTV_{Schwelle}$ = 8.000 Kfz/24h.

[465] Auch für 501 Kfz/24h ➡ 0 Kfz/24h ergeben sich starke Veränderungen, die aber in dem kleinen Maßstab unsichtbar bleiben. Sie gehen erst aus den Statistiken der Tab. 60 und aus Kap. 6.6.7 (S. 258) hervor.

6.6.6 Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf Gesamtlänge u. Anteil der kartierten Straßen

Wie stark Gesamtlänge und Anteil der in HEplus kartierten Straßen mit zunehmender $DTV_{Schwelle}$ abnehmen, geht aus Tab. 60 hervor (s.a. Tab. 34, S. 170 und Tab. 56, S. 245).

Tab. 60: Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf Gesamtlänge und Anteil der kartierten Straßen.
Legende: Gesamtlänge = Länge aller Straßen in MoG von HEplus = 57.897 km ≙ 100 %, s. Tab. 34, S. 170.

	Buchstabe in Abb. 50							
	a	b	c	d	e	f	g	h
$DTV_{Schwelle}$ in Kfz/24h	**16.000**	**8.000**	**4.000**	**3.000**	**2.000**	**1.000**	**501**	**0**
kartierte Straßenlänge	3.799 km	5.520 km	12.287 km	20.160 km	21.542 km	23.629 km	24.874 km	57.897 km
Anteil an Gesamtlänge	**6,6 %**	**9,5 %**	**21,2 %**	**34,8 %**	**37,2 %**	**40,8 %**	**43,0 %**	**100,0 %**
Zuwachs	-	+1.721 km	+6.767 km	+7.873 km	+1.382 km	+2.087 km	+1.245 km	+33.023 km
Zuwachsfaktor	-	1,5	2,2	1,6	1,1	1,1	1,1	2,3

Modelle *ohne* $DTV_{pauschal}$	**16000END**	**8000END**	**SVZ 2005**
kartierte Straßenlänge	1.763 km	3.484 km	12.625 km
Anteil an Gesamtlänge	**3,0 %**	**6,0 %**	**21,8 %**

Die Zahlen bestätigen die bisherigen Ergebnisse:

- Der Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ ist für folgende Übergänge ***am größten:***
  - relativ gesehen: bei DTV8000 ➡ DTV4000 und DTV501 ➡ DTV0
  - absolut gesehen: bei DTV8000 ➡ DTV4000 ➡ DTV3000 u. DTV501 ➡ DTV0
  - Gründe dafür: Hinzu kommen jeweils Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen mit $DTV_{pauschal}$ = 7.447, 3.974 und 500 Kfz/24h

Von den Straßenlängen geht es jetzt zum weit wichtigeren Einfluss auf die L_{DEN}-Pegel.

6.6.7 Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf die Lärmbelastungen im Außenraum

Lärmbelastungen lassen sich ermitteln für

- den **Außenraum**[466] = außerhalb von Gebäuden
  - Kartiermethode: regelmäßig verteilte **Rasterpegel** – **RAS**
- den **Innenraum** = innerhalb von Gebäuden
  - Kartiermethode: um Gebäude regelmäßig verteilte **Fassadenpegel – FAS**
    - FAS = „Außenraum-Ersatzpegel" direkt vor dem Innenraum
    - ⇨ **Innenraumpegel** = FAS - Pegelminderung der Gebäudefassade[467]

Mindestanforderungen der END

Nach den Mindestanforderungen der END sind RAS und FAS verpflichtend zu kartieren, Innenraumpegel hingegen nur dann, wenn die erforderlichen Schalldämmmaße vorliegen (s. Fußnote 467). Für die in dieser Arbeit fast ausschließlich betrachteten RAS verlangt die END, folgende Angaben zu ermitteln:

- „Die Gesamtfläche (in km2) (sic!), mit Lden-Werten von über 55, 65 bzw. 75 dB." (Anhang VI, END)

Die Gesamtfläche berechnet sich aus der Anzahl an L_{DEN}-Werten, die in jede Klasse fallen:

- Gesamtfläche = Anzahl *N* der L_{DEN}(RAS)-Pegel pro Klasse × (Rasterweite Rw)²

Die Angaben sind laut END aber nur *außerhalb* von Ballungsräumen zu liefern.

---

[466] Nicht zu verwechseln mit Außenbereichen nach § 35 BauGB und dem Freiraum nach Fußnote 405, S. 221.

[467] Aus dem unmittelbar **vor** der Gebäudefassade berechneten Fassadenpegel (FAS) wird üblicherweise der Innenraumpegel **im** Gebäude wie folgt ermittelt: **Innenraumpegel = Fassadenpegel - Pegelminderung** durch die Fassade (Fenster, Außenwand), mit Pegelminderung (Schalldämmmaß) > 25 dB für geschlossene, 15 dB für gekippte und 10 dB für offene Fenster – als Faustwerte (SRU, 1987). Die genaue Pegelminderung ist im Einzelfall zu bestimmen, siehe z.B. Maschke et al. (2010), die bei Stichproben in der Gemeinde Blankenfeld-Mahlow für gekippte Fenster bloß auf 10 dB statt 15 dB kommen. Die END beinhaltet als Option, Wohngebäude „mit besonderer Schalldämmung" (Anhang VI, Punkt 1.5) zu ermitteln.

Überblick zu den Statistiken der Tab. 61 und Tab. 62

Wie gut die Parametermodelle (DTVx) mit dem Standardmodell (DTV0) übereinstimmen, wird in 2 Genauigkeitsstufen untersucht:[468]

1) **Summativer Vergleich** – Tab. 61, S. 260:
   - Basis: L_{DEN}(RAS)-Pegel, einsortiert in 13 Pegelklassen
   - Berechnung folgender Summengrößen:
     - $N_{Standard}$ = Anzahl der L_{DEN}(RAS)-Pegel pro Klasse in DTV0
     - $N_{Parameter}$ = Anzahl der L_{DEN}(RAS)-Pegel pro Klasse in DTVx
     - **Erfassungsgrad** $\boldsymbol{e} = N_{Parameter}/N_{Standard}$, $0 \le e \le 1$ bzw.
       $\boldsymbol{E} = e \times 100\ \%$, $0\ \% \le E \le 100\ \%$
   - Aussagekraft der Summenwerte und des summativen Vergleichs:
     - N bestimmt das Ausmaß der Lärmbelastung pro Klasse
     - E bestimmt, wie gut DTVx das **Ausmaß** der mit DTV0 ermittelten Lärmbelastung erfasst und misst daher die **Qualität von DTVx**
   - ⇨ *Je weiter* E von 100 % abweicht, *desto schlechter* das Parametermodell DTVx
   - <u>Beachte</u>: Bei jedem Modell und jeder Flächenklasse handelt es sich um reine Summenwerte. Das kann zu $N_{Standard} = N_{Parameter}$ und damit E = 100 % führen, ohne dass die N Immissionspunkte *räumlich* deckungsgleich sind (analog zu S. 228). Abhilfe leistet der nun erläuterte individuelle Lagevergleich
2) **Individueller Lagevergleich** – Tab. 62, S. 262:
   - Basis: dL_{DEN}(RAS)-Pegel, einsortiert in 9 + 2 Pegeldifferenzklassen
   - Berechnung folgender Größe für jeden einzelnen Rasterpunkt i:
     - dL(i, x) = L_{DEN}(i, DTV0) - L_{DEN}(i, DTVx), für alle i = 1, ..., W[469]
     - **dL(x)** = L_{DEN}(DTV0) - L_{DEN}(DTVx) als Abkürzung
   - Aussagekraft: Wie gut stimmt DTVx mit DTV0 lagegenau überein?
   - *Je häufiger große* dL auftreten, *desto schlechter* das Parametermodell DTVx

Den Analysen liegen folgende Daten zu Grunde:

- HEplus, 25-m-Raster, L_{DEN}, nur **„echte" Pegel**
  - = **36.867.921** Pegel OHNE extrapolierte ausgewertet (98,4 %)[470]
  - 37.456.558 Pegel *MIT* extrapolierten existieren (100,0 %)

[468] Vorgehen ähnlich wie in Tab. 50 bis Tab. 52 für die pRG35 (Kap. 6.3.4, S. 228), wobei methodisch vergleichbar sind: Tab. 61 mit Tab. 50 (S. 230) sowie Tab. 62 mit Tab. 51 und Tab. 52 (S. 232 f.).

[469] Siehe Kap. 5.2, S. 187, insb. Fußnote 369, S. 188.

[470] Siehe S. 194: Tab. 40, Nr. 3.

Summativer Vergleich

Tab. 61 enthält folgende Summengrößen: NoData-Anteile, Erfassungsgrade (E) für verschiedene Pegelklassen und relative Rechenzeiten bezogen auf DTV0 (= 100 %)[471].

Tab. 61: Summativer Einfluss von DTV$_{Schwelle}$ auf Pegelverteilung und Rechenzeit.
*Legende: dunkelblau = END-Klassen, d.h. L_{DEN} > 55 dB(A), wobei Zeile 16 = Summe der Zeilen 7-10 und 15. Spalte 8 = Anzahl der DTV0-Pegel pro Klasse/Gesamtzahl der DTV0-Pegel – **nicht E** (wäre überall 100 %).*

		DTV$_{Schwelle}$ in Kfz/24h								
		16.000 ~1. Stufe	8.000 ~2. Stufe	4.000	3.000	2.000	1.000	501	0 Standard	SVZ 2005
Zeile	**Modell**	DTV16000	DTV8000	DTV4000	DTV3000	DTV2000	DTV1000	DTV501	DTV0	SVZ 2005
	Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	**NoData**	[472]42,0 %	30,5 %	5,0 %	0,4 %	0,3 %	~0,0 %	~0,0 %	exakt 0 %	1,3 %
	L_{DEN} in dB(A)	**Erfassungsgrad E**								
2	**-80-35**	208,7 %	232,5 %	288,5 %	186,3 %	164,0 %	129,7 %	112,6 %	12,9 %	198,3 %
3	**35-40**	49,4 %	60,0 %	89,2 %	104,5 %	101,7 %	102,5 %	102,8 %	11,4 %	114,7 %
4	**40-45**	35,2 %	44,4 %	66,8 %	88,3 %	91,3 %	97,8 %	101,6 %	16,0 %	97,8 %
5	**45-50**	28,9 %	38,3 %	59,3 %	83,8 %	89,6 %	97,8 %	102,0 %	18,2 %	84,7 %
6	**50-55**	30,0 %	40,3 %	60,7 %	84,3 %	90,0 %	96,4 %	99,1 %	16,1 %	75,2 %
7	**55-60**	33,4 %	43,5 %	61,8 %	81,0 %	85,0 %	89,2 %	90,8 %	11,6 %	66,4 %
8	**60-65**	38,4 %	47,0 %	60,9 %	74,4 %	77,2 %	80,8 %	82,6 %	7,2 %	63,2 %
9	**65-70**	46,6 %	55,0 %	69,6 %	87,0 %	90,9 %	95,6 %	97,7 %	3,5 %	72,6 %
10	**70-75**	41,3 %	51,0 %	70,4 %	91,3 %	95,8 %	99,3 %	99,5 %	1,9 %	69,3 %
11	**75-80**	43,2 %	58,0 %	83,7 %	99,3 %	99,7 %	99,8 %	99,8 %	0,8 %	67,1 %
12	**80-85**	83,0 %	97,6 %	99,6 %	99,9 %	99,9 %	99,9 %	99,9 %	0,3 %	75,1 %
13	**> 85**	99,4 %	99,8 %	99,9 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	0,2 %	76,3 %
14	**Summe insg.**	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
15	**> 75**	58,9 %	71,8 %	89,2 %	99,5 %	99,8 %	99,9 %	99,9 %	1,3 %	70,0 %
	Anteil Pegel über der END-Pegelschwelle L_{DEN} = 55 dB(A)									
16	**> 55**	9,8 %	12,3 %	16,5 %	20,8 %	21,7 %	22,7 %	23,1 %	25,5 %	17,0 %
	relative Rechenzeit: 100 % ≙ 12,5 d									
17		14,0 %	20,7 %	34,4 %	47,7 %	50,2 %	53,9 %	54,4 %	100,0 %	33,3 %
	L_{DEN}(RAS)-Mittelwert in dB(A)									
18		35,3	36,9	38,7	44,0	45,0	46,4	47,0	47,7	46,2

[471] Die Modelle DTV8000END u. DTV16000END (s. Tab. 63, S. 266) besitzen folgende relative Rechenzeiten und Mittelwerte:
a) DTV8000END: **15,7 %** statt 20,7 % bei DTV8000 und **37,8 dB(A)** statt 36,9 dB(A)
b) DTV16000END: **10,7 %** statt 14,0 % bei DTV16000 und **41,8 dB(A)** statt 35,3 dB(A)
Beachte: Mittelwert(DTVx) < Mittelwert(DTVxEND) gilt, weil nur bei DTVx „Lärminseln" auftreten und diese den Mittelwert „nach unten ziehen", s. Abb. 50a/b (S. 256), S. 257 und die nachfolgende Fußnote 472.

[472] Die NoData-Anteile der amtlichen Lärmkartierung Hessen 2007/2012 und der Modelle DTV16000END und DTV8000END betragen 79,9 %/90,4 %, 60,9 % und 36,2 %. Die geringeren Prozentwerte bei DTVx haben im Wesentlichen 2 Ursachen:
- Durch Pauschalwerte entstehen in DTVx kleine **„Lärminseln"** (s. Abb. 50a/b, S. 256 u. S. 257) ⇨ weniger NoData
- Die Lärmkartierung Hessen 2007/2012 verwenden als ReG Korridore (s. Tab. 63, S. 266) ⇨ kleineres ReG ⇨ mehr NoData

Die wichtigsten Ergebnisse aus Tab. 61 lauten:

- **NoData-Raster** – Zeile 1:
  - Die Veränderungen und damit der Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ sind auch hier *am größten* bei DTV8000 ➡ DTV4000 und DTV4000 ➡ DTV3000 (s.S. 258)
  - Nur bei DTV0 gibt es keinen einzigen NoData-Pegel
    - Grund: Bis zur nächsten Straße ist es nie weiter als **3.865 m** (s.S. 279)
  - $DTV_{Schwelle} \leq 3.000$ Kfz/24h ⇨ < 1 % ohne Pegel-Informationen
  - DTV16000 und DTV8000 ⇨ 42,0 % bzw. 30,5 % von HEplus bleiben ohne Informationen zur Lärmbelastung (= Grauanteile in Abb. 50a/b)
- **Data-Raster** besitzen zwar berechnete Pegel, doch die sind bei Weitem nicht alle fehlerfrei, wie der weiter unten folgende Lagevergleich und Tab. 64 (S. 267) zeigen
- **pRG35**-Raster mit L_{DEN} = -80-35 dB(A) – Zeile 2:
  - $DTV_{Schwelle} \geq 3.000$ Kfz/24h ⇨ pRG35 um das 1,6-2,9-fache *über*schätzt
  - DTV1000 und DTV501 ⇨ pRG35 um das 1,3-1,1-fache *über*schätzt
- **DTV16000 und DTV8000**[473]**, END-Klassen** – Spalten 1 u. 2 & Zeilen 7-10, 15-16:
  - Erfassungsgrad E in einigen wichtigen Pegelklassen:
    - L_{DEN} = 55-75 dB(A) ⇨ E = 33,4-55,0 % ⇨ *un*akzeptabel, weil erhebliche und gesundheitsschädliche Lärmwirkungen deutlich um das 3,0-1,8-fache *unter*schätzt werden (s.a. Tab. 88, S. 351)
    - **L_{DEN} > 55 dB(A)** ⇨ E = 38,4 % – „Best Case" für 1. Stufe[474]
      ⇨ E = 48,2 % – „Best Case" für 2. Stufe,
      d.h. *un*akzeptable ***Unter*schätzung um das 2,6 bzw. 2,1-fache**
  - Nicht alle erfassten Pegel sind brauchbar: Anteil brauchbarer ≤ E, s.u.

⇨ **1:1-Karten *über*schätzen positive** und ***unter*schätzen negative Aspekte** (s.S. 244)

- **DTV0, END-Klassen** – Zeile 16, Spalte 8:
  - L_{DEN} > 55 dB(A) ⇨ 25,5 % innerhalb der END-Klassen
  - L_{DEN} ≤ 55 dB(A) ⇨ **74,5 % außerhalb der** END-Klassen
  - ⇨ **ca. 75 % der HEplus-Fläche** liegt selbst bei DTV0 unter der END-Pegelschwelle und wird **von der Lärmaktionsplanung ausgeschlossen**
- **Modell SVZ 2005** – Spalte 9:
  - Enthält nur Straßen mit realen DTV aus der SVZ 2005, s. Tab. 59, S. 253
  - Fast alle Klassen ⇨ E = 62,3-114,7 %, s.S. 263
  - ABER: pRG35 ⇨ E = 198,3 %, s.a. Abb. 50, S. 256
  - ⇨ *Unter*schätzt Lärm in END-Klassen nur um das 1,3-1,6-fache. ABER: schneidet bei pRG35 am schlechtesten ab, *über*schätzt Ruhe um das 2-fache
- **Verkürzung der Rechenzeiten gegenüber DTV0** – Zeile 17:
  - DTV501, 8000 und 16000 ⇨ um das **1,8-, 5- und 7-fach**[475]
  - ⇨ Die Rechenzeit-Verkürzungen wiegen die Informationsverluste nicht auf[476]
- **L_{DEN}(RAS)-Mittelwerte** – Zeile 18:
  - nur geringer Anstieg von 1. zur 2. Stufe und dauerhaft **~10 dB unter DTV0**

---

[473] DTV16000 und DTV8000 liefern **„Best Case"**-Abschätzungen für die 1. u. 2. Stufe der END (s.a. Fußnote 472), da sie aufgrund der Pauschalwerte **alle** Autobahnen und **alle** Bundesstraßen als Schallquellen enthalten. **Repräsentativer** sind die Modelle DTV16000END u. DTV8000END, die keine Pauschalwerte verwenden und daher **nur** Autobahnen und **nur** Bundesstraßen mit DTV_{real} **aus der SVZ 2005** berücksichtigen. Die Unterschiede – s. Kap. 6.6.8, S. 266 – sind hier aber irrelevant.

[474] Gemäß Zeile 16 gilt: a) für die 1. Stufe: 9,8 %/25,5 % = 0,384 ≙ 38,4 %. b) für die 2. Stufe: 12,3 %/25,5 % = 0,482 ≙ 48,2 %.

[475] Die kartierten Straßenlängen verkürzen sich bei DTV501, DTV8000 und DTV16000 um das 2,3-, 10,5- und 15,2-fache. Vergleich der Verkürzungen von a) kartierter Straßenlänge: 2,3, 10,5 und 15,2 ⇔ b) Rechenzeit: 1,8, 4,8 und 7,1.

[476] 7-fache ≙ 1 Kern-Parameter, ABER: 7 ≪ 40.000 = alle Kern-Parameter, s. Tab. 40, Tab. 41 u. Tab. 45, S. 194, 208 u. 217.

Individueller Lagevergleich

Der oben (S. 262) schon beschriebene individuelle Lagevergleich führt zu den Zahlen der Tab. 62[477]. Sie werden einmal hinsichtlich der Pegeldifferenzen (3 Farben = 3 Klassen: gut – mittel – schlecht) und zum anderen im Hinblick auf ihre Eignung für die Lärmaktionsplanung oder ähnliche Anwendungen (2 Klassen: brauchbar – *un*brauchbar) bewertet:

Farbe	dL(x)	Bewertung	
grün	≤ 5 dB	gut	brauchbar
gelb	5-10 dB	mittel	*un*brauchbar
rot	> 10 dB	schlecht	*un*brauchbar

Kommt es bei den 5 dB-breiten LDEN-Klassen der END zu einer Fehleinstufung um höchstens 1 Klasse, was bei **dL(x) ≤ 5 dB** der Fall ist, wird das (noch) als **brauchbar** erachtet.

Weil DTV0 die maximale Anzahl an Quellen („alle“) enthält, gilt **stets**:

- **LDEN(DTV0) ≥ LDEN(x) = LDEN(DTVx)** und deshalb auch **immer dL(x) ≥ 0 dB**

Tab. 62: Häufigkeitsverteilung der Pegeldifferenzen dL(x) zwischen DTV0 und DTVx.
Legende: dL = dL(x) = LDEN(DTV0) - LDEN(DTVx), mit x = DTVSchwelle in Kfz/24h
NoData-Raster sind der höchsten Fehlerklasse dL > 30 dB zugeordnet (s. Fußnote 477)

		DTVSchwelle in Kfz/24h								
		16.000 ~1. Stufe	8.000 ~2. Stufe	4.000	3.000	2.000	1.000	501	0 Standard	SVZ 2005
Zeile	**Modell**	DTV16000	DTV8000	DTV4000	DTV3000	DTV2000	DTV1000	DTV501	DTV0	SVZ 2005
	Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	dL in dB	**Häufigkeit der Pegeldifferenz dL = dL(x) = LDEN(DTV0) - LDEN(DTVx)**								
1	**≤ 1**	12,0 %	18,8 %	35,3 %	62,9 %	70,3 %	82,1 %	88,4 %	100,0 %	47,7 %
2	**1-3**	5,5 %	7,5 %	11,0 %	10,4 %	9,4 %	7,3 %	5,4 %	-	18,4 %
3	**3-5**	3,5 %	4,3 %	6,1 %	5,4 %	4,5 %	2,9 %	1,9 %	-	7,1 %
4	**5-10**	7,0 %	8,2 %	10,9 %	8,1 %	6,4 %	3,8 %	2,3 %	-	9,1 %
5	**10-15**	5,9 %	6,6 %	8,2 %	4,8 %	3,6 %	1,9 %	1,1 %	-	5,4 %
6	**15-20**	5,2 %	5,5 %	6,4 %	3,0 %	2,2 %	1,0 %	0,5 %	-	3,6 %
7	**20-25**	4,5 %	4,6 %	5,0 %	1,9 %	1,3 %	0,5 %	0,2 %	-	2,4 %
8	**25-30**	3,7 %	3,8 %	3,7 %	1,2 %	0,8 %	0,3 %	0,1 %	-	1,6 %
9	**> 30**	52,8 %	40,6 %	13,4 %	2,3 %	1,4 %	0,3 %	0,1 %	-	4,7 %
10	**Summe**	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
11	**> 10**	72,1 %	61,2 %	36,7 %	13,2 %	9,3 %	4,0 %	1,9 %	-	17,7 %
12	**≤ 5**	20,9 %	30,6 %	52,4 %	78,7 %	84,2 %	92,2 %	95,8 %	100,0 %	73,2 %

Schlussfolgerungen aus Tab. 62 sind:

- Die Veränderungen und damit der Einfluss von DTVSchwelle sind auch hier (s.o.) *am größten* bei DTV8000 ➡ DTV4000 und DTV4000 ➡ DTV3000
- **dL ≤ 5 dB – brauchbare Pegel**:
  - DTV16000 und DTV8000 ⇨ 20,9 % bzw. 30,6 % ⇨ geringe Anteile

[477] NoData-Raster werden der obersten Klasse „dL(x) > 30 dB“ zugeschlagen. Grund: Für die in den Parametermodellen DTVx auftretenden NoData gilt stets: LDEN(x) ≤ -80 dB(A), für das Standardmodell DTV0 stets: LDEN(DTV0) > -15 dB(A), s.S. 213. Daraus folgt: dL = LDEN(DTV0) - LDEN(x) > -15 dB(A) - -80 dB(A) = 65 dB > 30 dB, also die oberste Klasse.

        - DTV8000END ⇨ 28,7 % ⇨ vergleichbar mit DTV8000
    - SVZ 2005 ⇨ 73,2 % ⇨ deutlich besser, aber nicht „gut“
    - DTV501 ⇨ 95,8 % ⇨ sehr hoher Anteil („sehr gut“)[478]
- **DTV16000 und DTV8000** – vergleichbar mit **1. u. 2 ff. Stufe**, s.o. u. Tab. 64, S. 267:
    - Die tatsächlich belasteten Flächen (DTV0) werden bei einer Fehlertoleranz von dL ≤ 5 dB bzw. dL ≤ 1 dB um folgende Faktoren *unter*schätzt:
        - DTV16000 ⇨ um das 4,8- bzw. 8,3-fache[479]
        - DTV8000 ⇨ um das 3,3- bzw. 5,3-fache
            - DTV8000END ⇨ um das 3,5- bzw. 7,4-fache
        - DTV8000 und DTV8000END unterscheiden sich bei einer praxisrelevanten Fehlertoleranz von dL ≤ 5 dB nur wenig (3,3 ⇔ 3,5), bei anspruchsvollen dL ≤ 1 dB deutlich (5,3 ⇔ 7,4), s.a. Abb. 51, S. 264

Tab. 62 zeigt noch deutlicher als Tab. 61, dass man auf DTV-Schwellen verzichten sollte:

- **> 50 % *un*brauchbare Pegel bei $DTV_{Schwelle}$ ≳ 4.000 Kfz/24h**
- **ca. 70 % *un*brauchbare Pegel bei 1:1-Umsetzung der END ab 2. Stufe, 2012 ff.**[480]

Anschließend folgen noch 2 wichtige Sonderfälle, ehe dann die Bedeutung von $DTV_{Schwelle}$ für die END-Karten und als Eingangsfilter diskutiert wird.

Sonderfall 1: Modell „SVZ 2005“ als Minimal-Alternative zu END-Modellen

Folgende Merkmale charakterisieren das Modell „SVZ 2005“:

- Verwendet *keine* explizite DTV-Schwelle (wie DTV0)
- Beinhaltet *alle* Straßen mit DTV_{real} aus der Straßenverkehrszählung SVZ 2005 (wie DTV0) – ABER: keine einzige Straße mit $DTV_{pauschal}$ (anders als DTV0)

⇨ **„SVZ 2005“(HEplus) ~ DTV3000(HEplus)**
~ Lärmkartierung Hessen 2007 (***Ballungsräume***)
~ Lärmkartierung Hessen 2012 (***Ballungsräume***)

d.h. die Lärmkarten dieser 4 Modelle besitzen eine vergleichbare Qualität[481]

⇨ „SVZ 2005“ gewährleistet für *ganz Hessen* (100 %) eine Qualität wie sie die amtlichen 1:1-Kartierungen der 1. und 2. Stufe *nur in Ballungsräumen* (2,0 % bzw. 3,2 % der Fläche Hessens) aufweisen

- „SVZ 2005“ führt zu einem erheblichen **Qualitätssprung** i. Vgl. zu den Modellen der 2. Stufe (DTV8000END bzw. DTV8000) – s. Abb. 51, nächste Seite – bei gleichzeitig nur unwesentlich höherer Rechenzeit:
    - Anteil brauchbarer Pegel (dL ≤ 5 dB): 73,2 % statt 28,7 bzw. 30,6 %[482]

---

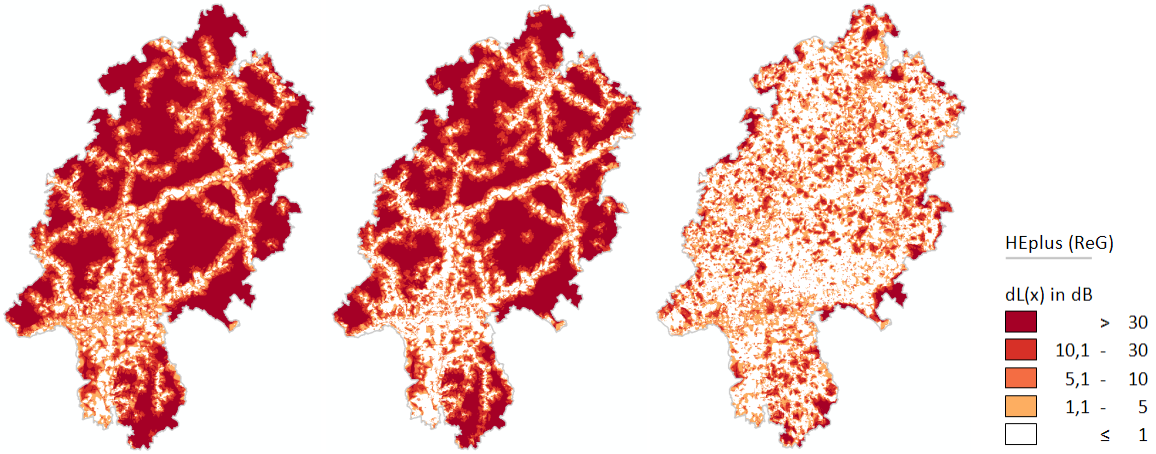
[478] Anmerkungen:
1) Bei einer Fehlertoleranz von dL ≤ 5 dB stimmt DTV501 zu 95,8 % mit DTV0 überein, obwohl es nur 43,0 % der Straßen beinhaltet, s. Tab. 60, S. 258
2) Entgegen ersten Erwartungen treten die 4,2 % mit dL > 5 dB nicht im Siedlungsraum auf. Grund: Für die 4,2 % sind nicht die fehlenden Gemeindestraßen verantwortlich, sondern **Landesstraßen mit DTV(SVZ 2005) < 500 Kfz/24h**. Diese werden erst in DTV0 aktiviert und stellen dann – im Gegensatz zu den meisten Gemeindestraßen – in weitem Umkreis jeweils die einzige Straßenquelle dar, was die hohen Fehler von dL > 5 dB erklärt
3) Extreme Fehler von dL > 30 dB weist selbst DTV501 noch vereinzelt auf (0,1 %)

[479] Die Vielfachen berechnen sich aus Tab. 62 wie folgt: a) Zeile 12: 100 %/20,9 % = 4,8 und b) Zeile 1: 100 %/12,0 % = 8,3.

[480] Gemäß Zeile 12, Spalte 2 gilt: unbrauchbare Pegel = 100 % - 30,2 % = 69,8 % ~ 70 %. Die 1:1-Karten der END werden in Kap. 6.6.8 (S. 266) ausführlicher diskutiert.

[481] Anmerkung 1: Siehe S. 253. Die Qualität der amtlichen Lärmkartierung Hessen 2007 und der Lärmkartierung Hessen 2012 liegt in den 2 bzw. 5 Ballungsräumen etwas über der in „SVZ 2005“, weil in den Ballungsräumen – aber nur dort – mit realen Haushöhen und realen Einwohnerverteilungen kartiert wurde. Anmerkung 2: Nach Tab. 61 und Tab. 62 liegt „SVZ 2005“ qualitativ zwischen DTV4000 und DTV3000, bei lagegenauer Beurteilung gemäß Tab. 62 (Zeile 11 und 12) näher an DTV3000.
⇨ Faustformel: **„SVZ 2005“ ~ DTV3000**

- o Rechenzeit-Zunahme: Faktor 2,1 bzw. 1,6
- SVZ-Modelle sind relativ einfach zu erstellen: Die DTV-Werte liegen infolge der alle 5 Jahre stattfindenden Straßenverkehrszählungen sowieso vor und lassen sich nutzen – evtl. erst nach manuellen Anpassungsarbeiten, s.S. 145 u. 157
- **ABER**: Von „SVZ 2005“ nach DTV0 steigt die Qualität abermals enorm – und DTV0 verursacht keinen übermäßigen Mehraufwand (nur $DTV_{pauschal}$ zuweisen)



a) dL(DTV8000END) *b) dL(DTV8000)* *b) dL(„SVZ 2005“)* *c) Legende*

Abb. 51: HEplus: Pegeldifferenzen für DTV8000END, DTV8000 und „SVZ 2005“ i. Vgl. zu DTV0.

Unterscheidungsmerkmale der Modelle hinsichtlich $DTV_{Schwelle}$ und Herkunft der DTV-Werte:

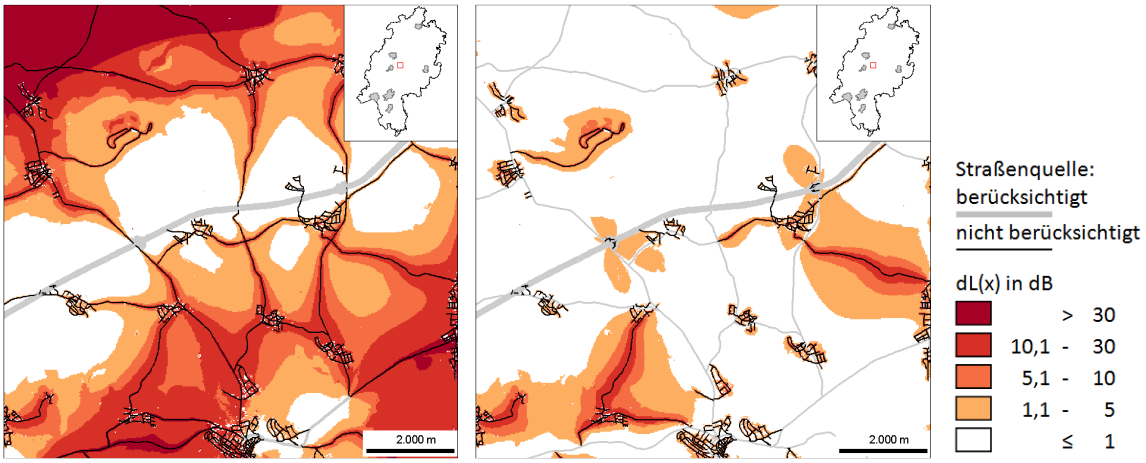
a) DTV8000END:	*DTV ≥*	*8.000 Kfz/24h,*	*DTV aus SVZ 2005,*	***keine** Pauschalwerte*
b) DTV8000:	*DTV ≥*	*8.000 Kfz/24h,*	*DTV aus SVZ 2005,*	*Rest: Q90-/G500-Pauschalwerte*
c) „SVZ 2005“:	*DTV ≥*	*0 Kfz/24h,*	*DTV aus SVZ 2005,*	***keine** Pauschalwerte*

Das Urteil über „SVZ 2005“ fällt insgesamt ambivalent aus:

- Einfache Möglichkeit, alle verfügbaren realen DTV-Werte zu nutzen
- DENNOCH: ***Fachlich* nicht** zu empfehlen – besser gleich DTV0 verwenden
- ABER: Evtl. ***strategisch* zu empfehlen** als Einstieg in die Welt der NICHT-1:1-Kartierungen mit dem Ziel, die 1:1-Verfechter vom Nutzen vollständiger Modelle und bestmöglicher (= vollständiger = alle Straßen beinhaltender) Lärmkarten zu überzeugen und so Akzeptanz für DTV0-Kartierungen zu schaffen

[482] Die Angaben sind nicht 1:1 auf die SVZ 2005 anderer Bundesländer oder die SVZ 2010 übertragbar, da der Umfang der gezählten Straßen weder einheitlich noch statisch ist. Als Faustformeln dürften sie aber verallgemeinerbar sein.

Sonderfall 2 : Fehler auch um starke Schallquellen – Beispiel: A5 bei Grünberg
Die relativ breiten weißen Bänder in Abb. 51a/b – gleichbedeutend mit dL(DTV8000) bzw. dL(8000END) < 1 dB –, legen die Vermutung nahe, dass hohe DTV-Schwellen zumindest im Nahbereich um starke Quellen (DTV ≫ 8.000 Kfz/24h) die Lärmbelastungen nicht verfälschen. Das wird jetzt am Beispiel der Autobahn A5 bei Grünberg untersucht (Abb. 52).



a) dL(DTV8000) = dL(DTV8000END) *b) dL(„SVZ 2005“)* *c) Legende*

Abb. 52: Pegeldifferenzen um starke Straßenquellen – Beispiel: A5 mit DTV = 58.768 Kfz/24h.
Legende: Ausschnitt = Teil der Gemeinde Grünberg mit vollständigem Straßennetz STR, s.a. Abb. 48, S. 248
dicke graue Linie = Autobahn A5 mit DTV = 58.768 Kfz/24h
Im gesamten Ausschnitt gilt: DTV8000 = DTV8000END.

Um *starke* Straßenquellen herum treten bei *hohen* DTV-Schwellen folgende Effekte auf:

- Regelfall:
  - Im Nahbereich – bis ca. 2.000 m zu beiden Seiten der *starken* Straßenquelle –, wirkt sich $DTV_{Schwelle}$ kaum aus, d.h. keine Fehler i. Vgl. zu DTV0
- Ausnahmen vom Regelfall:
  - Im Freiraum: Immer dort, wo eine nicht kartierte Straße (DTV ≤ 8.000 Kfz/24h) *senkrecht* in eine kartierte (DTV > 8.000 Kfz/24h, hier: A5) einmündet, beginnt die Spitze eines **typisch trichterförmigen Pegelbandes**, das durch Fehler dL > und ≫ 1 dB gekennzeichnet ist. Die „dL-Trichter“ treten selbst dann auf, wenn der DTV-Wert der nicht-kartierten Straße den der kartierten um das 10- oder 20-fach unterschreitet (hier: A5 mit DTV = 58.768 Kfz/24h ⇔ 3.974 Kfz/24h der Kreisstraßen, s.a. Abb. 48a, S. 248). Ähnliches gilt auch für Straßen, die *parallel* zu kartierten Straßen verlaufen, z.B. die ca. 350 m südlich der A5 liegende Landesstraße. Dort bleiben die Fehler dL > 1 dB aber auf einen Korridor von ca. 150 m Breite beschränkt, können jedoch im unmittelbaren Nahbereich (< 25-50 m) bis zu dL = 10-25 dB betragen
  - Im Siedlungsraum: Die in DTV0 vorhandenen Gemeindestraßen sorgen flächendeckend für dL = 1-5 dB. In einem ca. 50 m breiten Streifen um klassifizierte Straßen gilt sogar: dL > 10 dB. Im Hinblick auf die Belastetenzahlen nach **VBEB** wirken sich diese Fehler **besonders ungünstig** aus

Dieses anhand der A5 gezeigte, typische Beispiel verdeutlicht nochmals, dass „SVZ 2005“ zwar weniger und geringere Fehler produziert als DTV8000/DTV8000END, aber längst nicht so hochwertig ist wie DTV0.

6.6.8 Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf die END-Karten der 1. und 2 ff. Stufe

Der Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ wird für die Modelle der Tab. 63 auf 2 Arten ermittelt:

- Wie hoch sind die Anteile *nicht berechneter/unbrauchbarer* Pegel in den 1:1-END-Karten i. Vgl. zu DTV0 als bestmögliche NICHT-1:1-Kartierung? – Tab. 64
- Wie hoch sind die *Lärmbelastungen* in den 1:1-END-Karten i. Vgl. zu DTV0 als bestmögliche NICHT-1:1-Kartierung? – Tab. 65

Tab. 63: Vergleich: amtliche Lärmkartierung Hessen 2007/2012 ⇔ repräsentative HEplus-Modelle.

Legende:
- *r_S = Suchradius (s.S. 194: Tab. 40, Nr. 2)*
- *ReG = Rechengebiet: a) HEplus: ReG = HEplus = Hessen plus Außenbereich*
  b) Korridore: ReG = Korridore um die nach END zu kartierenden Hauptverkehrsstraßen und Ballungsräume. Korridorbreite $r_{Korridor}$ so gewählt, dass alle L_{DEN} > 55 dB(A) sicher erfasst werden:
  - *$r_{Korridor}$(2007) = 600-2.300 m, widmungsspezifisch; bei Autobahnen ca. 1.500-2.000 m*
  - *$r_{Korridor}$(2012) = 2.000 m, einheitlich*
- *$DTV_{pauschal}$: a) Nein: Kein Zuweisung von Pauschalwerten, nur STR mit $DTV_{real} \geq DTV_{Schwelle}$ berechnet*
  b) Ja: STR mit $DTV_{pauschal}$ = Q90 > $DTV_{Schwelle}$ werden ebenfalls berechnet
- *L_{DEN}: Kartierung liefert nur Pegel „> 55" dB(A) oder für ganz ReG „alle" Pegel, d.h. ≷55 dB(A)*

Parameter der amtlichen Lärmkartierungen: 1a) ACCON (2007). 2a) Stapelfeldt, M.O.S.S. & IVU (2012).

1	2	3	4	5a	5b	6	7
Nr.	**Akustik-Modell**	**r_S**	**ReG**	**$DTV_{Schwelle}$ [Kfz/24h]**		**$DTV_{pauschal}$**	**L_{DEN} [dB(A)]**
				Ballungsraum (B)	**außerhalb**		
1a	Lärmkartierung Hessen 2007	3.000 m	Korridore	ca. 3.000	16.400	Nein	alle
1b	DTV16000	4.000 m	HEplus	16.000	16.000	Ja	alle
1c	DTV16000END	4.000 m	HEplus	16.000	16.000	Nein	alle
1d	DTV16000END + DTV3000(2B)[483]	4.000 m	HEplus	3.000	16.000	Ja: in B	alle
2a	Lärmkartierung Hessen 2012	3.000 m	Korridore	ca. 3.000	8.000	Nein	> 55
2b	DTV8000	4.000 m	HEplus	8.000	8.000	Ja	alle
2c	DTV8000END	4.000 m	HEplus	8.000	8.000	Nein	alle
2d	DTV8000END + DTV3000(5B)[483]	4.000 m	HEplus	3.000	8.000	Ja: in B	alle
	DTV0	4.000 m	HEplus	0	0	Ja	alle

Verglichen mit den HEplus-Modellen gilt für die beiden amtlichen Lärmkartierungen:

- *kleinerer* Suchradius, *kleineres* Rechengebiet, *z.T. mehr* Straßen im Ballungsraum, *keine* Pauschalwerte und 2012 *nur* L_{DEN} > 55 dB(A) berücksichtigt (1:1-Kartierung)

Anteile *nicht* berechneter/*un*brauchbarer Pegel in END-Karten – Außenraum (RAS)

Die in Tab. 64 aufgeführten Anteile basieren auf folgenden Pegeln:

1) *nicht berechnete* Pegel = *keine* Informationen = NoData-Pegel – Tab. 61
2) *unbrauchbare* Pegel = *unbrauchbare* Informationen = Summe aus:
   - o den *nicht* berechneten NoData-Pegeln = Nr. 1, s.o. – Tab. 61
   - \+ den berechneten Pegeln mit Fehlern dL > 5 bzw. 10 dB – Tab. 64

- Betrachtet werden: RAS = Außenraum, gesamter Pegelbereich, HEplus (~Hessen)

Die Ergebnisse besagen, wie gut bzw. schlecht 1:1-Kartierungen i. Vgl. zur bestmöglichen NICHT-1:1-Kartierung (= DTV0) abschneiden.

---

[483] Die 2 Modellkombinationen beseitigen die Ballungsraum-Unterschiede (Spalte 5a) und sind wie folgt zu verstehen:
- DTV16000END + DTV3000(2B): In den 2 Ballungsräumen (= 2B) der 1. Stufe werden alle Straßen mit DTV_{real} *oder* $DTV_{pauschal}$ > 3.000 Kfz/24h kartiert und damit näherungsweise (s.u.) vergleichbar zur Lärmkartierung Hessen 2007
- DTV8000END + DTV3000(5B): In den 5 Ballungsräumen (= 5B) der 2. Stufe werden alle Straßen mit DTV_{real} *oder* $DTV_{pauschal}$ > 3.000 Kfz/24h kartiert und damit näherungsweise (s.u.) vergleichbar zur Lärmkartierung Hessen 2012

Im Ballungsraum besteht aber weiterhin der Spalte-6-Unterschied, da DTV3000(2B/5B) *auch* Pauschalwerte berücksichtigt.

Tab. 64: Keine und unbrauchbare Informationen in END-Karten – Außenraum (RAS).
Datengrundlage: a) DTVx: HEplus, Rw = 25 m. b) Lärmkartierung Hessen 20xx: Hessen, Rw = 10 m.

				Keine und *un*brauchbare Informationen in END-Karten RAS – Außenraum		
Nr.	**END-Stufe**	**Jahr**	**Akustik-Modell**	**keine = nicht berechnet** ≙ NoData in Tab. 61	***un*brauchbar**, s.a. Tab. 62	
					dL > 10 dB	**dL > 5 dB**
1a	1	2007	Lärmkartierung Hessen 2007	79,9 %	83,3 %	87,7 %
1b			DTV16000	42,0 %	72,1 %	79,9 %
1c			DTV16000END	60,9 %	76,6 %	82,6 %
2a	2 ff.	2012 ff.	Lärmkartierung Hessen 2012	90,4 %	90,7 %	92,0 %
2b			DTV8000	30,5 %	61,2 %	69,4 %
2c			DTV8000END	36,2 %	64,1 %	72,5 %
			DTV0	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Das Fazit der *landesweiten* Bestandsaufnahmen im Außenraum (RAS-Pegel) lautet:

- Die amtlichen Lärmkartierungen Hessen 2007/2012 besitzen deutlich mehr NoData und mehr unbrauchbare Pegel als die HEplus-Modelle, weil sie sich zusätzlich auf Korridore als Rechengebiete (2007 u. 2012) und auf L_{DEN} > 55 dB(A) (2012) beschränken
  - DTVx und DTVxEND sind brauchbarer als die amtlichen Kartierungen[484]
- Für die beiden amtlichen Lärmkartierungen Hessen 2007/2012 gilt:
  - gesamter Pegelbereich: 2007 brauchbarer als 2012[485]
  - END-Bereich L_{DEN} > 55 bzw. 65dB(A): 2012 brauchbarer als 2007, *umgekehrt*
    - Relevant für die Lärmaktionsplanung 2012: L_{DEN} > 65 dB(A)[486]
- **1:1-Kartierungen** liefern hauptsächlich ***keine* und *un*brauchbare Informationen**:[487]
  - 1. Stufe, 2007: ca. 40-90 % *ohne* Informationen
    ca. 70-90 % *un*brauchbar
  - 2 ff. Stufe, 2012 ff.: **ca. 30-90 %** ***ohne* Informationen**
    ca. 60-90 % ***un*brauchbar**
  - ⇨ Verbesserung zu 2007: **ca. 10** *Prozentpunkte* *brauchbarer*
- ⇨ **2012 ff.** sehen die Lärmkarten **kaum besser** aus als 2007, **d.h. wenig Fortschritt**
- ⇨ **1:1-Umsetzungen** und END-Karten sind **dauerhaft** (2012 ff.) ***un*brauchbar**
  - **pRG35**, pRG45 o.Ä. zu **100 %** ***un*brauchbar**, s.S. 255
- ⇨ Die aus einer 1:1-Umsetzung resultierenden END-Karten sind für ein modernes Lärmmanagement sowie Fach- und Gesamtplanungen (Landschafts-, Raum-, Landes-, Bauleitplanungen usw., s.a. Kap. 9, S. 343) weitgehend ***un*brauchbar**

Vergleich der realen Lärmbelastungen (DTV0) mit denen von 1:1-Kartierungen
Für das Bundesland Hessen enthält

- Tab. 65a: die Anteile der durch Lärm belasteten Landesfläche und Bevölkerung
- Tab. 65b: die Anteile der in 1:1-Kartierungen *unentdeckt* bleibenden Lärmbelastungen i. Vgl. zu den mit DTV0 ermittelten realen Belastungen
- Betrachtet werden: RAS und Belastete, L_{DEN} > 55 und > 65 dB(A), Hessen

---

[484] DTVx =„Best Case" für die Lärmkartierung Hessen 2007/2012, s. Fußnote 473, S. 261.
[485] Jene Pegel, die in der Lärmkartierung Hessen 2007 zu den höheren Anteilen berechneter und brauchbarer Pegel führen, liegen alle im Bereich L_{DEN} < 55 dB(A), also außerhalb des Anwendungsbereichs der END (1:1-Umsetzung). Sie spielen für Lärmaktionsplanungen, die sich auf L_{DEN} > 65 dB(A) beschränken, keine Rolle. Da sich die Lärmkartierung Hessen 2012 von vornherein auf L_{DEN} > 55 dB(A) beschränkt, berechnet sie zwar *insgesamt weniger* Pegel, dafür aber auch *weniger fehlerhafte* (*unbrauchbare*) Pegel: a) 2007: **21,1 %** berechnet, davon mit dL > 5 dB: **37,0 %** [≙ (87,7 - 79,9)/21,1]. b) 2012: **9,6 %** und **17,7 %**.
[486] In Hessen soll die Schwelle von 70 auf 65 dB(A) sinken (RP-DA, 2010; RP-GI, 2010; RP-KS, 2010), s.a. S. 351: Tab. 88, Nr. 9.
[487] Faustformeln, resultierend aus einer Betrachtung aller Modelle. Damit können die konkreten Zahlen der Tab. 64 über HEplus (~Hessen) hinaus verallgemeinert werden, s.a. Fußnote 512, S. 282.

Tab. 65: Vergleich der realen Lärmbelastungen (DTV0) mit denen von 1:1-Kartierungen.
Datengrundlage: a) DTVx: HEplus, Rw = 25 m. b) Lärmkartierung Hessen 20xx: Hessen, Rw = 10 m.
a) Hessen: Anteile der durch Lärm belasteten Landesfläche (RAS) und Bevölkerung (Belastete, VBEB)

Nr.	END-Stufe	Jahr	Akustik-Modell	RAS – Außenraum		Belastete (VBEB)	
				> 55 dB(A)	> 65 dB(A)	> 55 dB(A)	> 65 dB(A)
1a	1	2007	Lärmkartierung Hessen 2007	8,0 %	2,4 %	10,5 %	2,2 %
1c			DTV16000END	8,8 %	2,8 %	9,5 %	2,2 %
1d			DTV16000END + DTV3000(2B)	9,2 %	2,9 %	12,9 %	2,3 %
2a	2 ff.	2012 ff.	Lärmkartierung Hessen 2012	9,6 %	3,0 %	17,6 %	4,9 %
2c			DTV8000END	11,5 %	3,5 %	12,9 %	2,3 %
2d			DTV8000END + DTV3000(5B)	12,1 %	3,7 %	17,8 %	4,0 %
	real		**DTV0**[488]	**25,7 %**	**6,8 %**	**54,4 %**	**8,4 %**

*b) Hessen: Welche Anteile der realen Lärmbelastungen (DTV0) bleiben **unentdeckt**?*

Nr.	END-Stufe	Jahr	Akustik-Modell	RAS – Außenraum		Belastete (VBEB)	
				> 55 dB(A)	> 65 dB(A)	> 55 dB(A)	> 65 dB(A)
1a	1	2007	Lärmkartierung Hessen 2007	69 %	65 %	81 %	74%
1c			DTV16000END	66 %	59 %	83 %	74%
1d			DTV16000END + DTV3000(2B)	64 %	57 %	76 %	73%
2a	2 ff.	2012 ff.	Lärmkartierung Hessen 2012	63 %	56 %	68 %	42%
2c			DTV8000END	55 %	49 %	76 %	73%
2d			DTV8000END + DTV3000(5B)	53 %	46 %	67 %	52%
	real		**DTV0**	**0%**	**0 %**	**0 %**	**0 %**

Das Fazit aus Tab. 65 lautet:[489]

- In 1:1-Karten bleiben selbst ab der 2. Stufe **viele** Lärmbelastungen ***un*entdeckt**:
  - L_{DEN} > 55 dB(A): 53-63 % der Außenraum-Belastung, 67-76 % der Belasteten
  - L_{DEN} > 65 dB(A): 46-56 % der Außenraum-Belastung, 42-73 % der Belasteten

⇨ 1:1-Kartierungen ***unter*schätzen** den Lärm **dauerhaft** um das **2-4-fache**:[490]
  - die Belasteten (FAS) stärker als den Außenraum (RAS): 2-4-fache ⇔ 2-fache
  - die Belastungen bei L_{DEN} > 55 dB(A) etwas stärker als bei L_{DEN} > 65 dB(A)

⇨ **Lärm** wird von Politik, Verwaltung und Gesellschaft unterschätzt und i. Vgl. zu anderen Risiken **fehlgewichtet**

---

[488] Die gesamte Lärm- und Ruhebilanz für Hessen liefert Tab. 69, S. 281.

[489] Analog zu Fußnote 487 werden auch hier alle 1:1-Modelle (Nr. 1a-2d) berücksichtigt, damit die Aussagen über Hessen hinaus verallgemeinerbar sind. Die angegebenen Wertebereiche sind als Faustformeln zu verstehen. Grund: Wie schon in der 1. Stufe (s. Fußnote 512, S. 282), so ist auch in der 2. Stufe damit zu rechnen, dass die Lärmkartierungen im Detail sehr unterschiedlich aussehen und z.B. die DTV-Schwellen in Ballungsräumen stark voneinander abweichen werden.

[490] Zum Vergleich: a1) **2-4-fache** in der **2 ff.** Stufe *und* **dauerhaft** – s. Tab. 65
a2) **2-6-fache** in der **1.** Stufe – s. Tab. 65
b) **3-7-fache** in der **1.** Stufe – s. Tab. 9, S. 88

Anmerkung 1: Von der 1. zur 2. Stufe sinkt die DTV-Schwelle von 16.000 auf 8000 Kfz/24h. Anmerkung 2: Während sich b) nur auf die durch L_{DEN} > 55 dB(A) Belasteten (VBEB) bezieht, berücksichtigt a2) [und a1)] auch den Außenraum (RAS) und auch L_{DEN} > 65 dB(A). Anmerkung 3: Im Gegensatz zu Tab. 64 handelt es sich um rein summative Aussagen zur Lärmbelastung. Über lagegenaue Vergleiche ließen sich (analog zu Tab. 64) die unbrauchbaren Pegel mit dL > 5 bzw. > 10 dB ermitteln, was hier aber aufwandsbedingt unterbleibt. Anmerkung 4: Stattdessen sei auf eine i. Vgl. zu Tab. 64 u. Tab. 65 realistischere Abschätzung von Jäschke (2011c) verwiesen, die auf folgendem Modell beruht: DTV8000END + DTV3000(5B) mit Suchradius r_S = 4.000m, ABER: ReG = Korridore um die kartierten Straßen (≙ amtliche Lärmkartierungen Hessen 2007/2012, s. Tab. 65, Spalte 4), unbrauchbar: **dL > 5 dB**. Damit folgt für die **Brauchbarkeit von 1:1-Kartierungen ab 2. Stufe 2012 ff.**:

1) brauchbare Pegel, **gesamter Pegelbereich**: a) RAS: **12,5** % und b) FAS: **23,8 %** – vgl. DTV0: **100,0 %** und **100,0 %**
⇨ *un*brauchbare Pegel, gesamter Pegelbereich: a) RAS: 87,5 % und b) FAS: 76,2 % – vgl. Tab. 64: 92,0 % für RAS
2) brauchbare Pegel, **L_{DEN} > 55 dB(A)**: a) RAS: **11,4** % und b) FAS: **13,7 %** – vgl. DTV0: **25,7 %** und **54,4 %**

Im Pareto-Diagramm (Abb. 10, S. 126) werden die 4 Anteile der Nr. 1 als **Nutzen** bezeichnet und miteinander verglichen.

Empfehlung für künftige Lärmkartierungen
Für künftige **END-Kartierungen 2012 ff.** und generell wird empfohlen:

- ***Keine* 1:1-Umsetzungen mehr**, weil sich mit ihnen keines der END-Ziele (s.S. 66):
  - Schutz Ruhiger Gebiete
  - Lärmbekämpfung
  - korrekte Information der Öffentlichkeit über die Lärm- und Ruhesituation

  zufriedenstellend verwirklichen lässt
- ***Stattdessen*** sind **alle Straßen** als Schallquellen zu **berücksichtigen** und es ist ohne DTV-Schwellen zu kartieren ($DTV_{Schwelle}$ = 0 Kfz/24h)

6.6.9 Schwellenwerte als Filter

Schwellenwerte können in jedem Projekt an verschiedenen Stellen auftreten (Abb. 53). Im Rahmen der END sind Schwellenwerte nicht nur weit verbreitet, sondern auch mit weitreichenden Problemen und Risiken verbunden (s.o. und z.B. Tab. 4, Tab. 7 u. Abb. 7, S. 67, 74 u. 122). Als Filter beschränken Schwellen die in der Welt *maximal* entdeckbare Informationsmenge G so, dass von den G = 100 %, die in das Filter hineingehen, nur noch T < G, oft T ≪ G, herauskommen (s.a. S. 251). Je nach Sichtweise können Filter vorteilhaft oder nachteilig sein: In der nächsten Projektphase muss bzw. kann nur noch die geringere Information T verarbeitet werden, was einerseits weniger Aufwand, andererseits aber auch eine geringere Qualität bedeutet. Abb. 53 symbolisiert den Informationsfluss und die einhergehenden Informationsverluste durch Pfeile, die hinter jedem der 4 blauen Filter immer schmaler werden. Die Informationsverluste verhindern eine vollständige Bestandsaufnahme der Lärm- und Ruhesituation (des IST-Zustandes). Infolgedessen lassen sich auch nicht alle Lärmbelastungen bekämpfen und das erreichte Ziel (symbolisiert durch den grünen Flecken) bleibt weit hinter den tatsächlichen Erfordernissen (dem SOLL-Zustand = „die ganze Welt ist grün“) zurück. Lärmbekämpfung und Ruheschutz drohen aufgrund der Filter (= Schwellen) zu scheitern. Beispiele für konkrete Schwellenwerte findet man unter den einzelnen Filtern der „Filterreihe“. Die anschließende Diskussion beschränkt sich auf grundsätzliche Zusammenhänge.

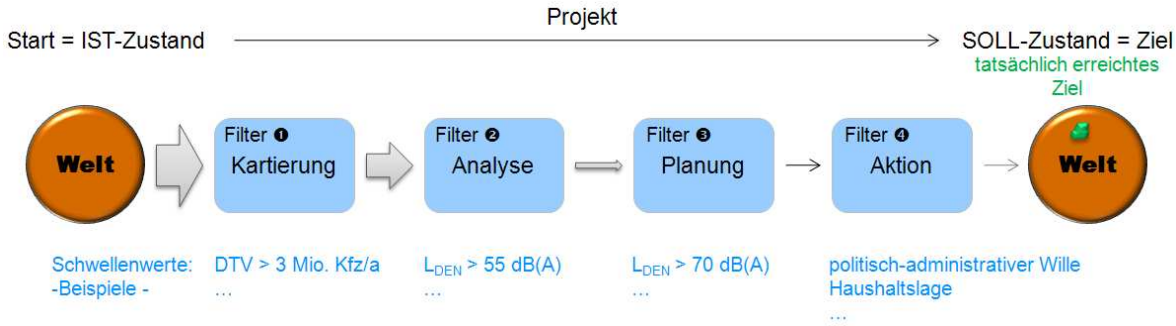


Abb. 53: Schwellenwerte als Filter.

Ob die Filter nützlich oder schädlich sind, hängt nicht nur von den konkret verwendeten Schwellenwerten ab – sie legen die Durchlässigkeit der Filter fest –, sondern auch von den Zielen und Randbedingungen des Projektes.

WENN das **Ziel** darin besteht, mit einer **bestmöglichen** Lärmkartierung zu starten und über eine **bestmögliche** Lärmaktionsplanung viele **bestmögliche** Aktionen (= Maßnah-

men i.S. der END, s. Kap. 9.1, S. 343) zu realisieren, um dadurch den IST-Zustand der Welt so zu verbessern, dass ein **bestmöglicher** SOLL-Zustand erreicht wird, der einem **hohen Gesundheits- und Umweltschutzniveau** gleichkommt (Abb. 4, S. 77),
DANN lassen sich für die Schwellen in Abb. 53 folgende **Bewertungen und Empfehlungen** abgeben:

- Filter ❶ = Kartierung = Bestandsaufnahme des IST-Zustandes = Eingangsfilter:
  - o DTV-Schwellen verhindern bestmögliche (= optimale) Lärmkarten
  - o HEplus (DTV0) enthält *keine* DTV-Schwellen u. liefert optimale Lärmkarten
  - ⇨ Kartiere generell **ohne** DTV-Schwellen
  - ⇨ Kartiere generell **alle** Lärmquellen
- Filter ❷ = Analyse der Lärm- und Ruhekarten = Analysefilter:
  - o Pegel-Schwellen von L_{DEN} > 55 dB(A) engen den Anwendungsbereich auf die Lärmbekämpfung (hohe Pegel) ein. Lärmvorsorge und Schutz Ruhiger Gebiete (pRGx, x < 55) scheitern damit vollständig
  - o Weil HEplus (DTV0) ohne Filter ❶ entsteht, lassen sich beliebige pRGx, x = beliebig, analysieren. DTV0 ermöglicht es, eine Vielzahl von Fragestellungen und Planungsaufgaben mit einem einzigen Modell – dem derzeit bestmöglichen – zu lösen, anstatt für jede Aufgabe neue Modelle aufbauen zu müssen
  - ⇨ Analysiere generell **ohne** Pegelschwellen
  - ⇨ Analysiere generell den **gesamten** Pegelbereich
- Filter ❸ = Lärmaktionsplanung = Planungsfilter:
  - o Häufig finden Lärmaktionsplanungen (nach END) nur dort statt, wo gilt:
    - ▪ L_{DEN}(kartiert) > Auslösewert = Auslöseschwelle ~ 65-70 dB(A)[491]

    Die ausgelösten Aktionen mögen dann geeignet sein, gesundheitsschädliche Lärmwirkungen zu bekämpfen – mehr aber nicht (s. Tab. 88, S. 351). Schutz oder Vorsorge vor Lärmbelästigungen oder gar ein Schutz Ruhiger Gebiete ist mit Planungen, die sich an Auslöseschwellen orientieren, ausgeschlossen. Zudem besteht die Gefahr, dass man die im Bereich L_{DEN} > 65 dB(A) zu lösenden Lärmprobleme *nicht* wirklich löst, sondern lediglich in den *nicht*-kartierten und *nicht*-beplanten Bereich L_{DEN} ≤ 65 dB(A) verlagert
  - ⇨ Plane generell **ohne** Pegelschwellen (= ohne Auslösewerte, s.S. 350)
  - ⇨ Plane generell im **gesamten** Pegelbereich
- Filter ❹ = Umsetzung der Lärmaktionspläne = Maßnahmenfilter:
  - o Umsetzungen stehen im Rahmen der END vielfach noch aus. Es steht zu befürchten, dass sich hier die Probleme des § 47a-alt BImSchG fortsetzen werden, weil auch die END keine Umsetzungsfristen für die Lärmaktionspläne vorgibt. Dadurch könnten sich viele Planungen als bloße Papiertiger erweisen, die nie realisiert werden. Bei der Umsetzung spielen vor allem fiskalische, organisatorische und politisch-administrative Schwellen eine Rolle: Was z.B. *betriebs*wirtschaftlich zu teuer ist, herrschenden Meinungen oder Zielen einflussreicher Lobbygruppen widerspricht oder gar Wählerstimmen kosten könnte, bleibt ggf. unverwirklicht
  - ⇨ Einfache Empfehlungen sind bei diesen gesellschaftspolitischen Handlungsschwellen schwer möglich

[491] UBA (2011b).

- ⇨ Erste *konkrete* Vorschläge und Beispiele liefert Kap. 9 (S. 343)
- ⇨ Erste *generelle* Ansatzpunkte enthält Tab. 93 (S. 368) – als Ausblick

Moderne und ganzheitliche Problemlösungen, die noch dazu effektiv und effizient sind, entstehen nur ohne Schwellen.[492]

Die Brisanz von Filtern erhöht sich merklich, wenn für jede Projektphase **verschiedene Akteure** (Behörden) verantwortlich sind. Dann ist davon auszugehen, dass Akteur A weitaus bedenkenloser einen Filter setzen wird, wenn dadurch seine eigenen Arbeiten erleichtert werden, er die „gefilterten" Resultate an Akteur B weitergeben kann und die „Filterprobleme" anschließend von B zu lösen sind und nicht mehr von A selbst.

- Beispiel 1: Halten EU und deutscher Gesetzgeber (Akteure A) an den END-Schwellen fest und fordern sie auch künftig 1:1-Umsetzungen, dann können die Lärmkartierer (Akteur B) keine bestmöglichen Lärmkarten produzieren – jedenfalls nicht, solange sie streng nach Vorschrift (= 1:1 nach END) arbeiten[493]
- Beispiel 2: Produzieren Lärmkartierer (A) nur 1:1-Karten, dann bleibt den Lärmaktionsplanern (B) kaum etwas anderes übrig, als 1:1-Pläne zu erstellen, die u.U. weit hinter den planerischen Möglichkeiten und Erfordernissen zurückbleiben

Ohne Filter und ohne Schwellen lassen sich auch solche „Akteursprobleme" verringern.

WENN das **Ziel** – wie in dieser Arbeit (S. 8) – darin besteht, **bestmögliche Lärmkarten** (s. Abb. 4, S. 77) zu generieren,

- *DANN* sind **filterfreie Modelle** zu erstellen, d.h. Modelle ohne DTV-Schwellen, ohne Pegel-Schwellen und ohne andere relevante Schwellen (s.S. 74: Tab. 7, Problemfeld 2). Das bedeutet:
  - **Alle Straßen** sind mit DTV-Werten > 0 Kfz/24h zu belegen,
  - der *gesamte* Pegelbereich ist **bestmöglich** und
  - der *gesamte* Raumbereich (ReG) ist **einheitlich** und damit **fair** zu kartieren
- **Noch bessere Karten** entstehen, wenn man zusätzlich zu L_{DEN} auch **andere akustische und nicht-akustische Faktoren** kartiert – weil auch diese Faktoren Informationen herausfiltern, wenn sie fehlen (s. Kap. 2, S. 80)

Bestmögliche Modelle und bestmögliche Lärmkartierungen sind zu empfehlen, wenn

- die Lärmkarten einen möglichst großen Nutzen haben sollen und ihr Einsatz nicht auf eine eng umrissene Einzelfrage fixiert bleiben soll
- der gesamte Pegelbereich als gleichberechtigt angesehen wird und daher die zu realisierende **Ziel-Trilogie** aus folgenden 3 Bausteinen besteht:
  - I. **Schutz Ruhiger Gebiete** *und gleichzeitig*
  - II. **Lärmbekämpfung** *und gleichzeitig*
  - III. **Verlagerungseffekte vermeiden**[494]

Diese Arbeit zeigt, dass – und wie – es bereits heute möglich ist, Modelle aufzubauen, mit denen sich die Ziel-Trilogie verwirklichen lässt.

---

[492] Pegel-Schwellen können sinnvoll sein, wenn es um spezifische Einzelfragen geht *und* es sehr unwahrscheinlich ist, dass auf absehbare Zeit weitere Fragen zu beantworten sind. Mit schwellenbedingten Fehlschlüssen ist aber stets zu rechnen.

[493] Siehe S. 257 und insbesondere S. 368: Tab. 93, Nr. 7.

[494] Bei Planungen, die Ziel I oder Ziel II isoliert – und *nicht gleichzeitig* – verfolgen, ist mit Verlagerungseffekten in den mittleren Pegelbereich (III) zu rechnen (s.S. 212). Dadurch kann der Schaden bei einem der Ziele größer sein als der Nutzen beim anderen Ziel.

7. Ruhige Gebiete in Hessen

Bisher wurde ausschließlich Straßenverkehr (STR) kartiert (Platz 1 in Tab. 10, S. 89), jetzt kommen Schienen- und Flugverkehr hinzu (SCH u. FLG: Plätze 2 u. 5). Mit den 3 Lärmarten STR, SCH und FLG deckt die vorliegende Arbeit (fast) den gesamten Umfang der END ab, nur der relativ unbedeutende[495] Industrie- und Gewerbelärm fehlt.
Das Kapitel behandelt folgende Themen:

- Lärm- und Ruhekarten für STR, SCH und FLG – Kap. 7.1
- Gesamtlärm GES – Berechnungsmethoden – Kap. 7.2
- Lärm- und Ruhekarten für GES – Kap. 7.3
- Gesamtlärm und pRGx – Kap. 7.4
- Vergleich der pRG35(GES) mit Schutzgebieten – Kap. 7.5

Als Grundlage dienen die Modelle HEplus-STR, HEplus-SCH und HEplus-FLG.[496]
Aufwandsbedingt beschränken sich die Ausführungen erneut auf L_{DEN}(RAS).

7.1 Lärm- und Ruhekarten für STR, SCH und FLG

Bevor es um den Gesamtlärm geht, werden STR, SCH und FLG *getrennt* diskutiert.

7.1.1 Lärm- und Ruhekarten

Einheitliche Kern-Parameter für STR, SCH und FLG
Die Berechnung der Lärm- und Ruhekarten für STR, SCH und FLG erfolgt:

- END-konform nach VBUS, VBUSch und VBUF (s. Kap. 2.2, S. 85)
- mit den Kern-Parametern der Tab. 44 bzw. Tab. 45 (S. 215 ff.):
    - Rasterweite: Rw = 10 m
    - Reflexionsordnung: n = 1
    - Suchradius: r_S = 4.000 m
    - maximaler Fehler: maxF = 2 dB
    - DGM: 25-m-BKG-DGM, ausgedünnt: 2 m
    - Straßen und Schienen: **alle Quellen**
    - Flugverkehr: Flughafen Frankfurt am Main

Von Kap. 6.6.7 (S. 258) unterscheidet sich STR nur in einem Punkt: Rw = 10 m statt 25 m.
Für die Lärm- und Ruhekarten gilt im großen Ganzen:

- einheitliche Qualität *innerhalb einer* Lärm- und Ruhekarte
    - Beispiel: Identische Parameterwerte für Siedlungs- und Freiraum
- einheitliche Qualität *zwischen allen 3* Lärm- und Ruhekarten
    - Beispiel: Rw = 10 m auch für FLG, obwohl die FLG-Pegel räumlich wenig variieren und z.B. Rw = 100 m genügt hätte

Die einheitliche Qualität bietet einen nicht zu unterschätzenden Vorteil:

- **Einheitliche Modelle beugen Fehlanalysen und Fehlinterpretationen vor**

---

[495] Industrie- u. Gewerbelärm wird aus 3 Gründen als unbedeutend eingestuft: i) Er belegt bei den Lärmbelästigungen nur Platz 6, s. Tab. 10, S. 89. ii) Die durch L_{DEN} > 55 dB(A) belastete Fläche beträgt nach den GIS-Daten der amtlichen Lärmkartierungen Hessen 2007/2012 nur 1/332 bzw. 1/299 der durch STR belasteten Fläche, s.S. 132. ABER: Nach END sind *nicht alle* Industrie- u. Gewerbelärmquellen zu kartieren (indirekte Schwelle). TROTZDEM: Die belastete Fläche wird dadurch nicht um das ~100-fache unterschätzt. iii) Die vorliegende Arbeit behandelt schwerpunktmäßig *strategische* Lärmkartierungen, so dass *lokale* Effekte eine untergeordnete Rolle spielen. Lokal kann Industrie- u. Gewerbelärm durchaus ein Problem sein.
[496] Ihren Aufbau beschreiben die Kap. 4.5.4, 4.5.5 und 4.5.6, s.S. 166, 171 bzw. 181.

Vereinfachte Nomenklatur: STR, SCH, FLG und GES

Da in Kap. 7 alle Modelle auf HEplus-Basis beruhen, kann die explizite Angabe von „HEplus“ entfallen und eine **vereinfachte Nomenklatur** angewandt werden (Tab. 66).

Tab. 66: Vereinfachte Nomenklatur der Modelle.
Vgl. mit der ausführlichen Nomenklatur in Tab. 32, S. 166.

Nr.	Nomenklatur		Bedeutung
	vereinfacht	ausführlich	
1	**STR**	HEplus(STR)	Straßenverkehrslärm im Modell HEplus-Basis
2	**SCH**	HEplus(SCH)	Schienenverkehrslärm im Modell HEplus-Basis
3	**FLG**	HEplus(FLG)	Lärm aus Flugverkehr im Modell HEplus-Basis
4	**GES**		Gesamtlärm im Modell HEplus-Basis (s. Kap. 7.2.2, S. 289)
5	**L_{DEN}(Y)**		von Lärmart Y verursachter Pegel, Y = STR, SCH, FLG oder GES
6	**pRGx(Y)**		potentiell Ruhiges Gebiet der Qualität x bei Lärmart Y, d.h. Fläche mit $L_{DEN}(Y) \leq x$ dB(A)

Kartierung der pRG35 für STR, SCH und FLG – Vorgehen und Ergebnisse

Die folgenden 3 Abbildungen zeigen:

- die Vorgehensweise insgesamt in der Übersicht – Abb. 54
- die Basis- und Fachdaten im Detail – Abb. 55
- die Lärm- und Ruhekarten sowie die pRG35 im Detail – Abb. 56

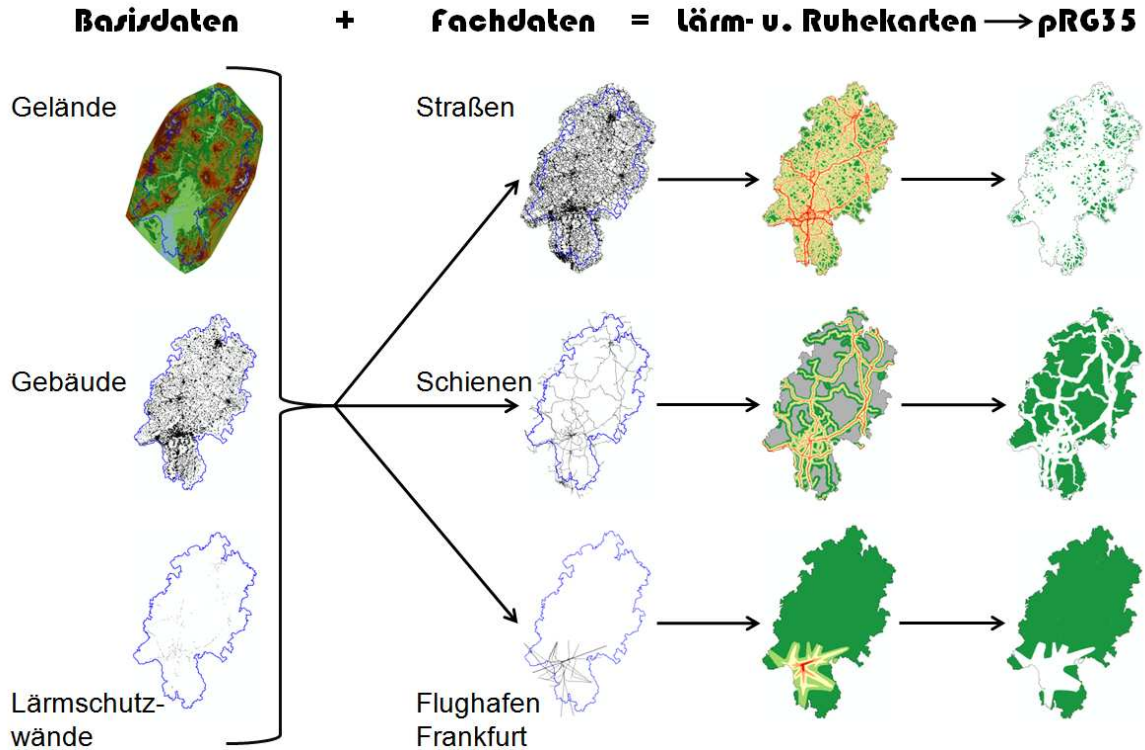


Abb. 54: HEplus: Kartierung der pRG35 für STR, SCH und FLG – Übersicht.
Vgl. mit Abb. 65, S. 299 und Abb. 73, S. 330.

Abb. 54 verdeutlicht, wie sich aus den Basisdaten (Details: s. Abb. 55a-c, nächste Seite) und quellenspezifischen Fachdaten (Details: Abb. 55d-f) für das Rechengebiet HEplus (blaue Linie) erst die Lärmkarten für jede der 3 Lärmarten Y = STR, SCH und FLG (Details: Abb. 56a-c) und aus diesen wiederum die pRG35 (Details: Abb. 56d-f) ergeben.

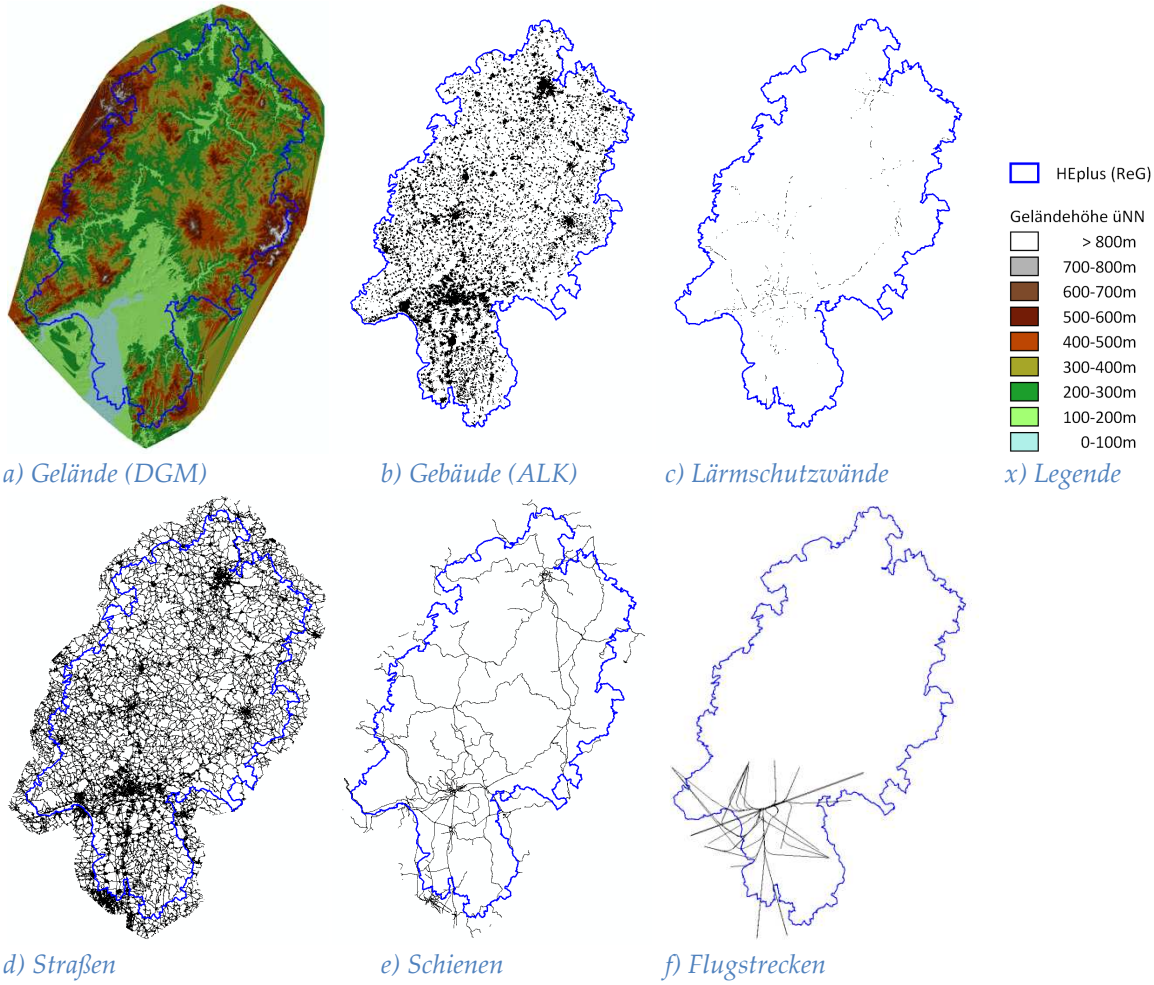


Abb. 55: HEplus: Basisdaten und quellenspezifische Fachdaten für STR, SCH und FLG.

Die Darstellung von HEplus (ReG)[497] wird nun geändert: Abb. 55 verwendet eine blaue Linie, um Verwechslungen mit den Geobasis- und Fachdaten zu vermeiden, Abb. 56 hingegen eine dünne schwarze Linie, damit die farbigen Pegel- und pRG35-Muster besser zur Geltung kommen.

[497] Dargestellt ist das Rechengebiet (ReG) von HEplus, nicht das Modellgebiet (MoG).

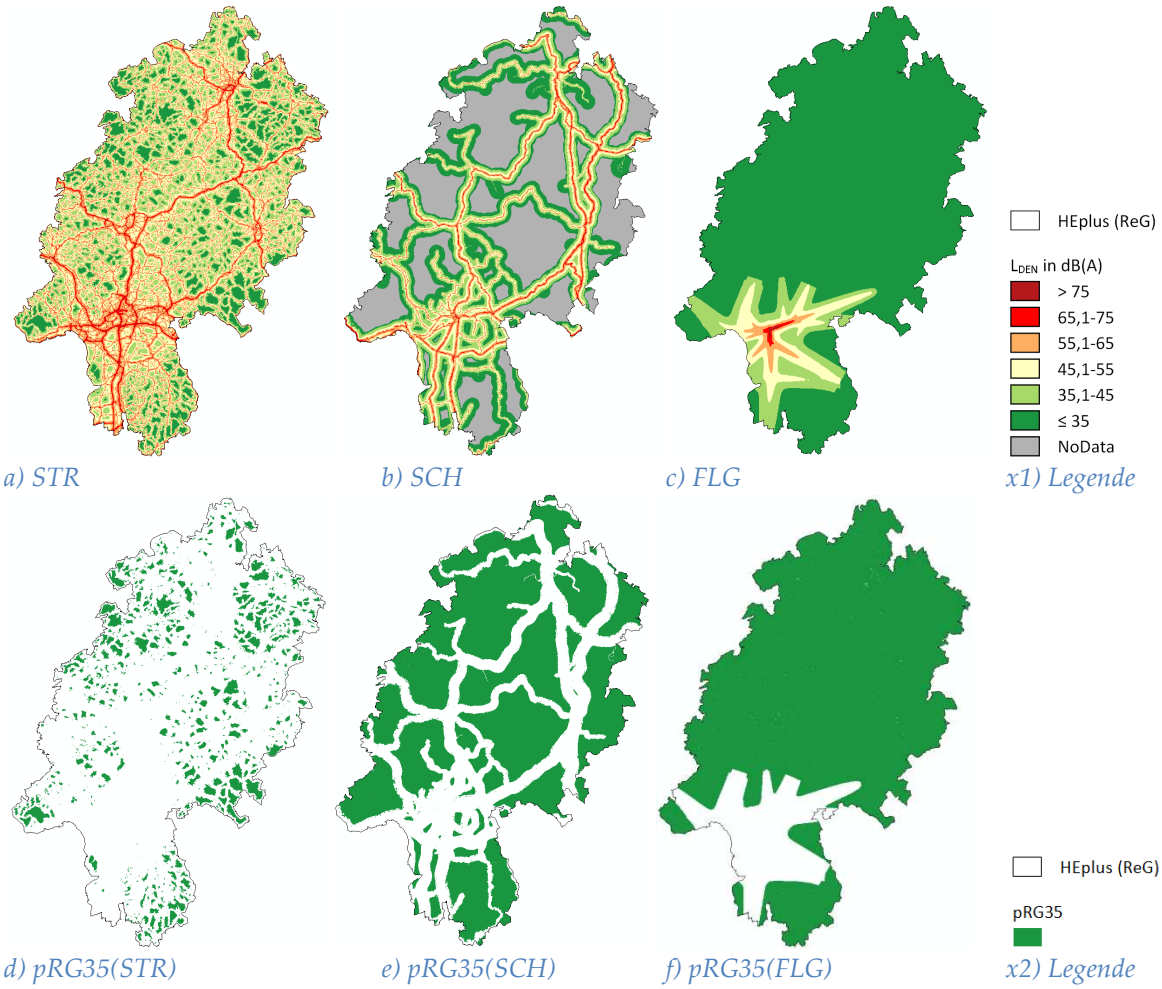


Abb. 56: HEplus: Lärm- und Ruhekarten sowie pRG35 für STR, SCH und FLG.

Berechnung nach VBUS, VBUSch und VBUF mit 10 m Rasterweite, 1 Reflexion, 4.000 m Suchradius. Bei STR handelt es sich um das bereits in Kap. 6 besprochene Standardmodell DTV0, hier aber mit Rw = 10 m. pRG35(Y) bedeutet: In diesem Gebiet gilt: $L_{DEN}(Y) \leq 35$ dB(A), Y = STR, SCH o. FLG, s. Tab. 66, S. 273.

Nach Abb. 56a-c verteilen sich die

- besonders „lauten“[498] Bereiche = **Hotspots** = rote Flächen
- besonders „ruhigen“ Bereiche = **Coldspots** = grüne u. graue Flächen

der 3 Lärmarten recht unterschiedlich auf HEplus.

Die grauen NoData-Flächen in Abb. 56b entstehen, weil aufgrund des weitmaschigen Schienennetzes 41 % der Rasterpunkte (= RAS = IP) weiter als 4.000 m (= r_S = Suchradius) von irgendeiner SCH-Quellen entfernt liegen. Bei ihnen handelt es sich im Gegensatz zu den NoData der DTVx-Modelle (Abb. 50, S. 256) wirklich um ruhige Bereiche. Begründen lässt sich das folgendermaßen:

1) HEplus enthält *alle* Schienenwege
2) Wählt man r_S = 26.000 m > maximale Distanz zu einer SCH-Quelle = 25.561 m (s.S. 279: Tab. 68, Nr. 4), dann lässt sich abschätzen, dass die NoData rein rechnerisch im Bereich L_{DEN} ~ -110 bis +30 dB(A) liegen[499]

[498] Zur Wortwahl von „laut“ und „ruhig“, siehe 59, S. 74.

[499] Die Abschätzung beruht auf Pegelberechnungen für ausgewählte IP. Ganz HEplus mit r_S = 26.000 m zu rechnen, ist weder möglich noch sinnvoll: a) zu hohe Rechenzeit und b) die verwendeten Schallausbreitungsmodelle (hier: VBUSch, aber auch VBUS usw.) sind für so große Entfernungen nicht verifiziert und auch nicht geeignet, siehe Fußnote 207, S. 118: Bei r_S = 2.000 m betragen die Unsicherheiten schon ±5 dB (95%-Konfidenz-Intervall).

Folgerichtig stellt Abb. 56e die SCH-NoData in „grüner“ pRG35-Farbe dar.
Die FLG-Berechnungen (Abb. 56c) kommen ohne Suchradius aus, was formal $r_S = \infty$ m bedeutet. Graue NoData-Flächen treten hier ebenso wenig wie bei STR auf, weil sich für jeden IP ein „echter“ Pegel berechnen lässt. Aufgrund der großen Entfernung vom Flughafen Frankfurt (= FLG-Quelle) gilt für ganz Mittel- und Nordhessen: L_{DEN}(FLG) < 0 dB(A) ≪ 35 dB(A). Dort liegt deshalb flächendeckend ein „grünes“ pRG35 vor, was so aber nur in Bezug auf die alleinige FLG-Quelle Frankfurter Flughafen stimmt.[500]
Die nächsten 3 Abschnitte behandeln die Lärmbelastungen im Außenraum (RAS)

- für HEplus – Kap. 7.1.2
- für Hessen – Kap. 7.1.3
- für die 430 hessischen Gemeinden – Kap. 7.1.4

Neben STR, SCH und FLG wird zum Vergleich auch GES dargestellt (s. Kap. 7.2, S. 289).
Datengrundlage[501] sind jeweils nur „echte“ Pegel:

- für HEplus:
  - **233.935.236** Pegel insg. (= MIT extrapolierten Pegeln) – 100 %
  - **230.425.167 „echte“ Pegel** (= OHNE extrapolierte Pegel)[502] – 98,5 %
- für Hessen = für die 430 hessischen Gemeinden:
  - **210.943.908** Pegel insg. (= MIT extrapolierten Pegeln) – 100 %
  - **207.433.891 „echte“ Pegel** (= OHNE extrapolierte Pegel) – 98,3 %

Die Pegelklassen besitzen folgende Nomenklatur:

- „Klasse n_1-n_2 dB(A)“ enthält alle Pegel im Bereich n_1 dB(A) < L_{DEN} ≤ n_2 dB(A)

7.1.2 Lärmbelastungen in HEplus – Außenraum (RAS)

Die Statistiken beruhen auf allen 230.425.167 „echten“ L_{DEN}-Pegeln (s.o.).

Häufigkeitsverteilung in 1-dB-Klassen

Sortiert man die L_{DEN}-Werte für STR, SCH, FLG und GES in Klassen von 1 dB Breite ein, dann entstehen die 4 Häufigkeitsverteilungen der Abb. 57.

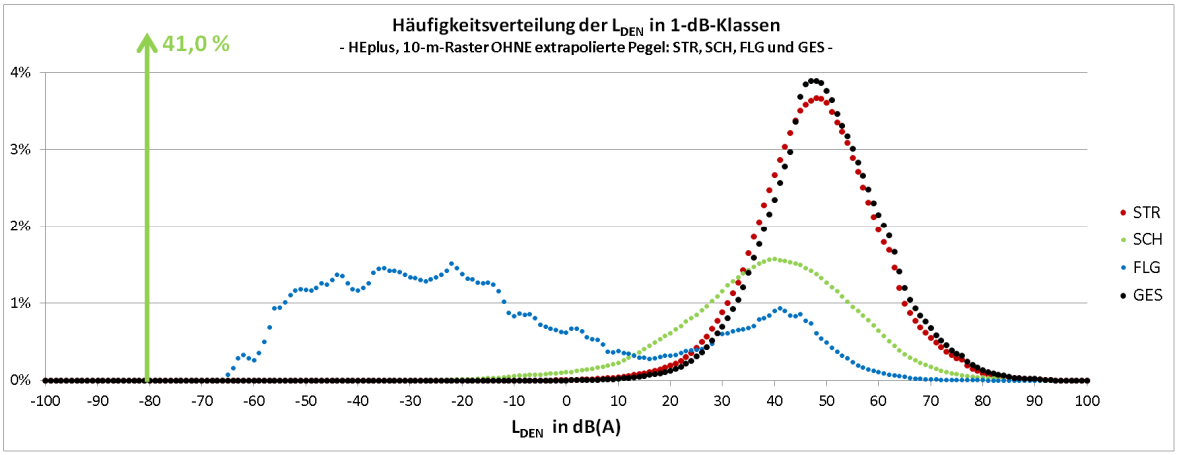


Abb. 57: HEplus: Häufigkeitsverteilung der L_{DEN} für STR, SCH, FLG und GES in 1-dB-Klassen.
Datengrundlage: HEplus, 10-m-Raster, L_{DEN} OHNE extrapolierte Pegel, d.h. wie Abb. 58. 1 % ≙ 230 km².[503]

[500] Anders sähe es aus, wenn weitere FLG-Quellen berücksichtigt würden: andere Flughäfen und Flugplätze sowie der gesamte Flugverkehr außerhalb des flugplatznahen DES-Bereiches.
[501] Die Zahlen gelten für STR, FLG und GES, die keine NoData enthalten. Bei SCH sind die 41,0 % NoData abzuziehen.
[502] Hierzu s.S. 194: Tab. 40, Nr. 3. Zum Vergleich mit dem 25-m-Raster: s.S. 228.
[503] 41,0%-Peak = NoData-Pegel: SCH besitzt als einzige Lärmart NoData-Pegel. Sie fallen formal in die Klasse „-82--81 dB(A)“ (s. Kap. 6.1.2, S. 212) und erzeugen dort einen Peak von 41,0 % ≙ 9.453 km².

In der Abbildung spiegeln sich die oben schon beschriebenen Besonderheiten wider:

- Die vielen NoData bei SCH führen zu dem 41%-Peak in Klasse -82--81 dB(A)
- Das näherungsweise ebene Plateau bei FLG entsteht, weil mit zunehmender Entfernung vom Flughafen Frankfurt in Mittel- und Nordhessen alle Klassen mit L_{DEN} < 0 dB(A) annähernd gleich besetzt sind. Grund dafür ist die in etwa konstante Ost-West-Ausdehnung von Hessen bzw. HEplus

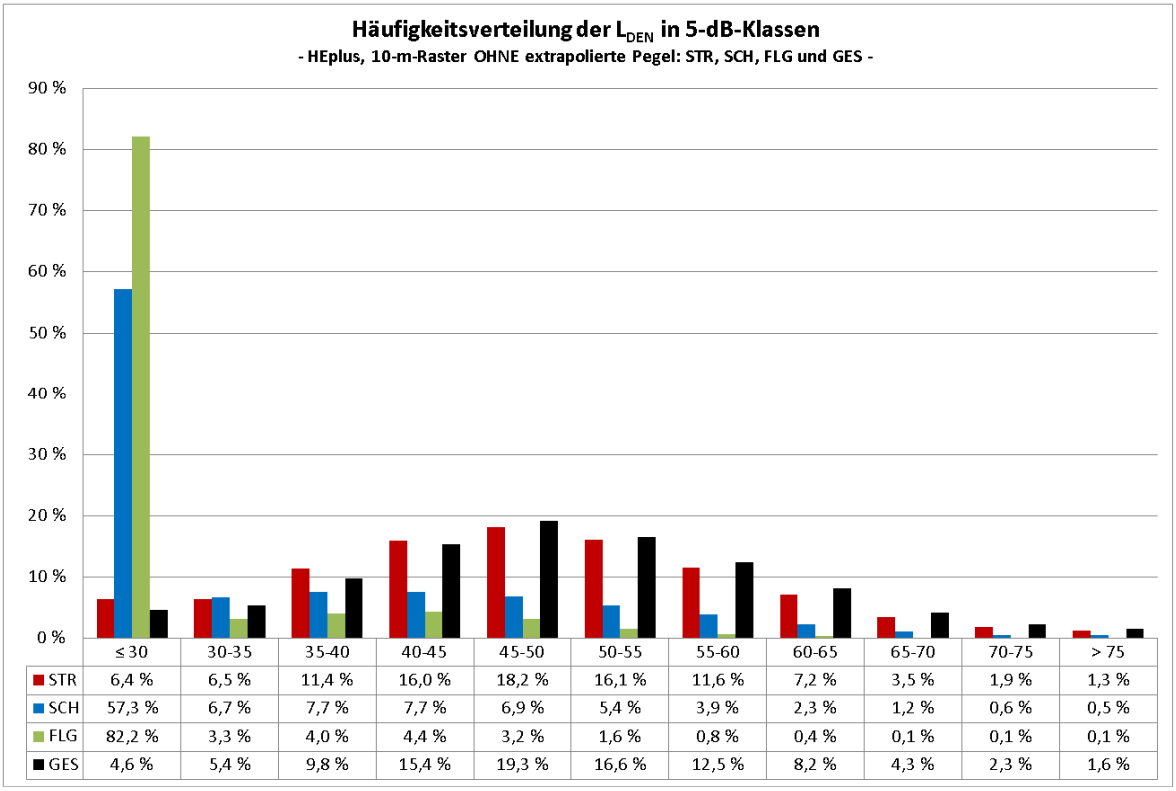
Die wichtigsten Erkenntnisse für HEplus (~ Hessen) lauten:

- **STR führt zu merklich höheren Lärmbelastungen als SCH und FLG**:
  - STR hat ein ca. 3-mal größeres Maximum als SCH und FLG
  - STR liegt dauerhaft über der SCH-Kurve: ab Klasse 33-34 dB(A)
  - STR liegt dauerhaft über der FLG-Kurve: ab Klasse 24-25 dB(A)
  - STR-Maximum: in Klasse 47-48 dB(A)
- **GES** liegt über STR: ab Klasse 44-45 dB(A)
  - GES liegt mindestens 20 % über STR: in Klassen 64-85 dB(A)
- **Mittelwert** ± Standardabweichung in dB(A) für STR, SCH, FLG und **GES**:
  - RAS-Pegel: 47,7 ± 11,8, 38,1 ± 16,3, -12,4 ± 32,9 und **49,1** ± 11,5
  - Gemeinden (S. 285): 49,2 ± 6,0, 35,1 ± 14,1, - 4,6 ± 35,0 und **50,7** ± 6,5
  - ⇨ GES vor STR vor FLG vor SCH

Weitere quantitative Angaben zur Dominanz von STR enthalten Tab. 67 u. Tab. 68, S. 273.

Häufigkeitsverteilung in 5-dB-Klassen

In Anlehnung an die END fasst Abb. 58 die 1-dB-Klassen der Abb. 57 zu 5-dB-Klassen und 2 Randklassen mit L_{DEN} ≤ 30 dB(A) und > 75 dB(A) zusammen.



	≤ 30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	> 75
STR	6,4 %	6,5 %	11,4 %	16,0 %	18,2 %	16,1 %	11,6 %	7,2 %	3,5 %	1,9 %	1,3 %
SCH	57,3 %	6,7 %	7,7 %	7,7 %	6,9 %	5,4 %	3,9 %	2,3 %	1,2 %	0,6 %	0,5 %
FLG	82,2 %	3,3 %	4,0 %	4,4 %	3,2 %	1,6 %	0,8 %	0,4 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
GES	4,6 %	5,4 %	9,8 %	15,4 %	19,3 %	16,6 %	12,5 %	8,2 %	4,3 %	2,3 %	1,6 %

Abb. 58: HEplus: Häufigkeitsverteilung der L_{DEN} für STR, SCH, FLG und GES in 5-dB-Klassen.
Datengrundlage: HEplus, 10-m-Raster, L_{DEN} OHNE extrapolierte Pegel, d.h. wie Abb. 57.

Abb. 58 führt zu folgenden **Faustformeln** (exakte Werte: s. Tab. 69, S. 281):

- bei STR: **15 %** pRG35 und **85 %** Lärmbereich (> 35 dB(A) als Gegenpol zu pRG35)
- bei SCH: **65 %** pRG35 und **35 %** Lärmbereich
- bei FLG: **85 %** pRG35 und **15 %** Lärmbereich – genau umgekehrt wie STR
- bei GES: **10 %** pRG35 und **90 %** Lärmbereich

Häufigkeiten für die **offenen Randklassen L_{DEN} > x dB(A)** ergeben sich aus Abb. 58, indem man die Prozente der entsprechenden 5-dB-Klassen aufsummiert. Für die Lärmbekämpfung besonders relevant sind die Randklassen mit x = 55, 60, 65, 70 und 75, also der Bereich oberhalb der END-Schwelle L_{DEN} > 55 dB(A). Hierfür verlangt auch die END Angaben zur Lärmbelastung im Außenraum (s.S. 258). Die betreffenden Zahlen für HEplus (OHNE extrapolierte Pegel) gehen aus Tab. 67 hervor.

Tab. 67: HEplus: Lärmbelastungen durch STR, SCH, FLG u. GES im Außenraum – L_{DEN} > 55 dB(A).
Datengrundlage: HEplus, 10-m-Raster[504], L_{DEN} OHNE extrapolierte Pegel, d.h. wie Abb. 57.

Nr.	L_{DEN}	STR	SCH	FLG	GES	**Bemerkungen** – Ziele: s.S. 351, Tab. 88[505]
1	> 55 dB(A)	25,5 %	8,4 %	1,3 %	**28,9 %**	als langfristiges Ziel sind diese Pegel zu vermeiden
2	> 60 dB(A)	13,9 %	4,5 %	0,6 %	**16,4 %**	als mittelfristiges Ziel sind ...
3	> 65 dB(A)	6,7 %	2,3 %	0,2 %	**8,2 %**	als kurzfristiges Ziel sind ... – z.T. Auslöseschwellen
4	> 70 dB(A)	3,2 %	1,1 %	0,1 %	**4,0 %**	z.T. Auslöseschwellen für die Lärmaktionsplanung
5	> 75 dB(A)	1,3 %	0,5 %	0,1 %	**1,6 %**	verfassungsrechtliche Zumutbarkeitsschwelle

Aus der Tabelle ergeben sich weitere **Faustformeln**:

- Ausgehend von L_{DEN} > 75 dB(A) **verdoppeln** sich die Belastungen aller 4 Lärmarten mit jeder neu hinzukommenden 5-dB-Klasse – 75-70 dB(A), 70-65 dB(A) usw. Dieser *näherungsweise* Zusammenhang entspricht dem in etwa quadratischen Verlauf der in Abb. 57 dargestellten Kurven im Bereich 55-75 dB(A)
- Die im Außenraum zu sanierende Fläche erhöht sich deshalb bei allen 4 Lärmarten gegenüber einer Auslöseschwelle oder einem Zielwert von 75 dB(A) bei einem
  - Zielwert von 70 dB(A) um das ~2-fache
  - Zielwert von 65 dB(A) um das ~4-fache
  - Zielwert von 60 dB(A) um das ~8-fache
  - Zielwert von 55 dB(A) um das ~16-fache
- **ca. 1.400 km²** wären in Hessen[506] **kurzfristig zu sanieren**, *wenn* ein Zielwert von 65 dB(A) für den Außenraum (RAS) gelten und nur STR betrachtet würde
- **STR belastet** eine ca. **3-mal so große Fläche wie SCH und FLG *zusammen***
- GES wird *generell* durch STR vorgeprägt, ABER: lokale/regionale Ausnahmen, s.u.

Statistische Kenngrößen für HEplus

Tab. 68 enthält statistische Kenngrößen für die L_{DEN}-Verteilungen als Ganzes und die beiden Teilbereiche L_{DEN} > 0 und > 35 dB(A) also den „Hör-" und „Lärmbereich" (s.o.).

---

[504] Zum Vergleich: a) HEplus, Rw = 25 m: 25,5 %, s. Tab. 61, S. 260 und b) Hessen, Rw = 10 m: 25,7 %, s. Tab. 69, S. 281.

[505] Die Ziele und Zielwerte gelten für Wohnungen (Wohnbevölkerung). Deren Belastung wird i. Allg. nicht durch die hier verwendeten Außenraumpegel (RAS) beschrieben, sondern durch Fassadenpegel (FAS) nach VBEB.

[506] Die 1.400 km² basieren auf der Annahme, die 6,7 % für HEplus gelten auch für Hessen: 1.400 km² ≙ 6,7 % von 21.116 km². Die Annahme könnte bezweifelt werden, weil im Außenbereich – zwischen der Grenze von Hessen und HEplus – die berechneten L_{DEN} zu hoch ausfallen, da dort die abschirmenden Gebäude fehlen. Eine Auswertung der L_{DEN} (OHNE Extrapolierte) ergibt aber: a) L_{DEN}(Hessen) > 65 dB(A): 6,76 % = 6,8 %
b) L_{DEN}(HEplus)> 65 dB(A): 6,72 % = 6,7 % ⇨ sehr gute Übereinstimmung von a) und b)
⇨ Aussagen für HEplus gelten in guter Näherung auch für Hessen – und umgekehrt

Tab. 68: HEplus: Statistische Kenngrößen der Lärm- und Ruhekarten für STR, SCH und FLG.
Legende: „n1-n2 dB(A)“ = Pegelklasse mit unterer/oberer Grenze außerhalb/innerhalb der Klasse, s.S. 276.
Beachte: Der Lärm- u. Ruhebereich enthält alle LDEN (OHNE extrapolierte Pegel).

Nr.	Kenngröße	STR	SCH	FLG
A	**Raumbezogene Eigenschaften der Quellen**			
1	Länge aller Quellen in HEplus	57.897 km	3.973 km	4.292 km
2	Quelldichte	2,47 km/km²	0,17 km/km²	0,18 km/km²
3	mittlere Distanz zu einer Quelle	447 m	3.886 m	51.198 m
4	maximale Distanz zu einer Quelle	3.865 m	25.561 m	162.565 m
B	**LDEN > -81,6 dB(A) – „alle“ – „Lärm- *und* Ruhebereich“**, OHNE NoData (SCH)			
5	Minimum	-12,4 dB(A)	-46,7 dB(A)	-66,1 dB(A)
6	Maximum	100,9 dB(A)	98,5 dB(A)	95,8 dB(A)
7	Mittelwert ± Standardabweichung	47,7 ± 11,8 dB(A)	38,1 ± 16,3 dB(A)	-12,4 ± 32,9 dB(A)
8	Modalwert	47-48 dB(A)	39-40 dB(A)	-23--22 dB(A)
9	Q50	47-48 dB(A)	39-40 dB(A)	-21--20 dB(A)
10	Q90	62-63 dB(A)	57-58 dB(A)	40-41 dB(A)
C	**LDEN > 0 dB(A) – „Hörbereich“**			
11	Flächenanteil bzgl. HEplus	99,97 %	58,0 %	30,9 %
12	Mittelwert ± Standardabweichung	47,7 ± 11,8 dB(A)	39,4 ± 14,9 dB(A)	30,9 ± 16,5 dB(A)
13	Modalwert	47-48 dB(A)	39-40 dB(A)	40-41 dB(A)
14	Q50	47-48 dB(A)	39-40 dB(A)	33-34 dB(A)
15	Q90	62-63 dB(A)	57-58 dB(A)	49-50 dB(A)
D	**LDEN > 35 dB(A) – „Lärmbereich“**			
16	Flächenanteil bzgl. HEplus	87,1 %	35,5 %	14,9 %
17	Mittelwert ± Standardabweichung	50,6 ± 9,5 dB(A)	48,5 ± 9,6 dB(A)	45,0 ± 7,3 dB(A)
18	Modalwert	47-48 dB(A)	39-40 dB(A)	40-41 dB(A)
19	Q50	49-50 dB(A)	46-47 dB(A)	43-44 dB(A)
20	Q90	62-63 dB(A)	61-62 dB(A)	54-55 dB(A)

Für die akustischen Kenngrößen (Nr. B, C und D) ergeben sich als **Faustformeln**:

- Alle Kenngrößen von STR liegen über denen von SCH
- Alle Kenngrößen von SCH liegen wiederum über denen von FLG
- STR, „alle“ und LDEN > 0 dB(A): Modalwert = Q50 = Mittelwert = **47,7 dB(A)**
- Flächenanteile mit LDEN > 0 dB(A): STR : SCH = SCH : FLG ~ 2
- Flächenanteile mit LDEN > 35 dB(A): STR : SCH = SCH : FLG ~ 2,5
- Mittelwerte, LDEN > 0 dB(A): STR = SCH **+ 8 dB** = FLG **+ 17 dB**
- Mittelwerte, LDEN > 35 dB(A): STR = SCH **+ 2 dB** = FLG **+ 6 dB**
- ⇨ Rangfolge der Lärmbelastungen: **STR vor SCH vor FLG**

In den Kenngrößen spiegelt sich folgender Unterschied in den STR- und SCH-Verteilungen (ohne NoData-Pegel) einerseits und der FLG-Verteilung andererseits wider: Erstere erstrecken sich im Wesentlichen auf LDEN > 0 dB(A), letztere auf LDEN ≶ 0 dB(A).

Für die raumbezogenen Kenngrößen (Nr. A) lauten die **Faustformeln**:

- Länge und Dichte der Quellen: STR : SCH : FLG **~ 15 : 1 : 1,1**
- mittlere Distanz: STR : SCH : FLG ~ 1 : 9 : 115
- maximale Distanz: STR : SCH : FLG ~ 1 : 7 : 42

Die Kenngrößen quantifizieren die rein visuellen Eindrücke der Abb. 55d-f: Bezogen auf HEplus weist STR nicht nur die *größte* Quelldichte aller 3 Lärmarten auf, sondern auch die *kleinste* mittlere und die *kleinste* maximale Distanz zu einem beliebigen Punkt in HEplus. Dadurch befindet sich jeder Punkt (IP) in unmittelbarer Nähe (näher als 3.865 m)[507] zu irgendeiner STR. Daraus folgt zwar nicht zwangsläufig, dass STR im Mittel auch höhere Pegel als SCH und FLG hervorruft, da eine geringe STR-Quellstärke die hohe STR-Quelldichte kompensieren könnte. Dem ist jedoch nicht so – ganz im Gegenteil: STR sorgt für höhere L_{DEN} als SCH und erst recht FLG (s.a. Abb. 57 und Abb. 58, S. 276 f.). Die vielen *und* starken STR-Quellen (Autobahnen und Bundesstraßen) konzentrieren sich nicht auf eine oder einzelne Regionen, sondern verteilen sich engmaschig und gleichmäßig über ganz HEplus, s. Abb. 56a-c, S. 275 – **STR ist nahezu ubiquitär**.
Ganz anders FLG und SCH, die sich sowohl von STR als auch voneinander markant unterscheiden – letzteres trotz fast gleicher Quelllängen (Nr. 1 in Tab. 68). **SCH** erzeugt linienförmige „Lärmkorridore" entlang des Schienennetzes (s.o., Abb. 56), die relativ weitmaschig ganz HEplus durchziehen und eine Gesamtfläche von 2.000 km² mit L_{DEN} > 55 dB(A) belasten. Dagegen beträgt bei **FLG** die entsprechende Fläche lediglich 300 km², liegt dafür aber als ein zusammenhängender „Lärmteppich" komplett im dicht besiedelten Rhein-Main-Gebiet (s.a. S. 304).[508]

Landesweite Häufigkeitsverteilungen und Kenngrößen liefern hochaggregierte Antworten auf Fragen der Art:

- Wie groß sind die absoluten Belastungen (Pegel)?
- Wie häufig treten Belastungen einer bestimmten Größenordnung auf?
- Welche Lärmart ruft die stärksten Belastungen hervor?

Damit bieten sich die Kenngrößen als **absoluter Maßstab** für **landesweite Ziele und Strategien** sowie deren Begründung und Evaluation an. Wissenschaftlich betrachtet, besitzen solche Ziele den Vorteil, *messbar* und damit auch *objektiv* überprüfbar zu sein (Kap. 9.2.1, S. 350: SMARTe Ziele). Auf die dabei zu beachtenden Voraussetzungen geht Kap. 7.1.4 (S. 281) am Beispiel der dort betrachteten Kenngröße „L_{DEN}-Mittelwert pro Raumeinheit" ein.

7.1.3 Lärm- u. Ruhebilanz für Hessen – Außenraum, Einwohner u. Mittelwerte

Tab. 69 zeigt die Lärm- und Ruhebilanz für das Bundesland Hessen.
Die Kernaussagen bzgl. der UBA-SRU-Ziele (s. Tab. 88, S. 351) lauten:

- Von den 6,1 Mio. Einwohnern Hessens sind
  - **10,7 %** ≙ 650.000 Menschen **gesundheitsschädlichem Lärm** ausgesetzt
  - **62,5 %** ≙ 3.800.000 Menschen Lärm ausgesetzt, der vermieden werden sollte
- Die hochwertigen Ruhigen Gebiete der Qualität **pRG35(GES)** verteilen sich auf
  - **9,5 %** der Landesfläche (= des Außenraumes)
  - **0,3 %** der Einwohner – jene, die in Wohnungen mit ruhiger Fassade leben

Die Zahlen

- *belegen*, dass **akuter Handlungsbedarf** besteht
- *ermöglichen*, **SMARTe Ziele** zu formulieren[509] – und zu evaluieren

---

[507] Für die mittlere Distanz gilt: a) in HEplus: 3.865m und b) in Hessen: 3.600m, s.S. 214.
[508] Für die Gesamtflächen [in km²] mit L_{DEN} > 55 dB(A) gilt: STR : SCH : FLG = 6.000 : 2.000 : 300.
[509] Beispiele: *„Im Jahr 2032 ist der Anteil pRG35(STR) am Außenraum von heute 12,2 % auf mind. 20,0 % gestiegen."*
„Im Jahr 2032 ist der Anteil Menschen mit L_{DEN}(FLG) > 65 dB(A) von heute 3,9 % auf 1,0 % gesunken."
„Im Jahr 2032 ist der L_{DEN}(SCH)-Mittelwert an Wohngebäuden (FAS) von heute 40,0 auf 35,0 dB(A) gesunken."

Tab. 69: Lärm- und Ruhebilanz für Hessen – Außenraum, Einwohner und LDEN-Mittelwerte.
Legende: 1) Außenraum: % = Anteil des Außenraumes mit LDEN ≷ ... an der Landesfläche (= 21.116 km²)
2) Einwohner: % = Anteil der Einwohner mit LDEN ≷ ... an den Gesamteinwohnern Hessens (= 6,1 Mio.)
3) LDEN-Mittelwert = Gesamtsumme/Gesamtanzahl, jeweils sämtlicher RAS- bzw. FAS-Pegel in Hessen
Datengrundlage: HEplus: a) Außenraum, Mittelwerte (RAS): 10-m-Raster, LDEN OHNE extrapolierte Pegel
b) Einwohner, Mittelwerte (FAS u. VBEB): s. Fußnote 510

- *Ausgewertet: nur Pegel in Hessen ⇨ geringe Abweichungen i. Vgl. zu Tab. 67 (= Pegel in HEplus).*
- *Angaben zu 2) und zu den FAS-Mittelwerten in 3) aus Jäschke (2011c), s.a. Abb. 1, S. 8.*

Maßnahme im Lärmaktionsplan bzgl. UBA-SRU-Ziele, s. Tab. 88, S. 351	LDEN	Außenraum (RAS)				Einwohner (FAS u. VBEB)			
		STR	SCH	FLG	GES	STR	SCH	FLG	GES
Gesundheitsschäden vermeiden	> 65 dB(A)	6,8 %	2,2 %	0,3 %	**8,3 %**	8,4 %	2,0 %	0,0 %	**10,7 %**
Lärm bekämpfen	> 55 dB(A)	25,7 %	8,5 %	1,5 %	**29,2 %**	54,4 %	13,5 %	3,9 %	**62,5 %**
Hochwertige Ruhige Gebiete schützen	≤ 35 dB(A)	12,2 %	63,2 %	84,7 %	**9,5 %**	0,4 %	37,1 %	56,7 %	**0,3 %**
LDEN-Mittelwert in Hessen: RAS/FAS	in dB(A)	47,7	38,1	-12,4	**49,1**	55,3	40,0	3,4	**56,3**

7.1.4 Lärmbelastungen in den 430 hessischen Gemeinden – Außenraum (RAS)

Jetzt wird die Raumeinheit „Gemeinde" untersucht.
Die Landesfläche von Hessen verteilt sich auf

- 426 Gemeinden
- 4 gemeindefreie Flächen:
  - 3 Forstgutsbezirke
  - 1 selbständige Gemarkung („Michelbuch" – Nutzung: Wald)

Fortan wird kurz von **430 Gemeinden** gesprochen.

Voraussetzungen für faire Rankings mit Hilfe von LDEN-Mittelwerten

Die Kenngröße „LDEN-Mittelwert pro Gemeinde" deckt die räumliche Verteilung der Lärmbelastungen in Form von Grobstrukturen (= Gemeinden) auf. Sie lässt sich als **relati-**

SMART = Spezifisch – Messbar – Akzeptabel – Realistisch – Terminierbar (GPM & Gessler, 2010). Welche Ziele realistisch sind, hängt von vielen Randbedingungen ab und ist nicht Gegenstand dieser Arbeit. Von daher sind die Beispiele tatsächlich nur Beispiele. Das Jahr 2032 orientiert sich an den Zielen auf S. 351: Tab. 88, Nr. 12, s.a. die zugehörige Fußnote 628.

[510] Die Belastetenzahlen der Tabelle sind nach VBEB berechnet und daher END-konform.
Die VBEB-Berechnungen in HEplus und Lärmkartierung Hessen 2007 (ACCON, 2007) nutzen identische Datengrundlagen:

- identische GIS-Daten: ALK, Gemeinden mit dem Attribut „EWZ" = „Einwohner pro Gemeinde", s.a. Tab. 24, S. 143
  BauNVO-Flächen aus ATKIS
- *nicht* vorhandene Daten: Einwohner pro ALK-Objekt bzw. Informationen, welche ALK-Objekte Wohngebäude sind

Weil keine Realwerte vorliegen, wird mit möglichst plausiblen Pauschalwerten gearbeitet. Vorgehen (Jäschke, 2011c):

A) Selektiere alle ALK-Objekte, die folgende 4 Bedingungen erfüllen und daher aller Voraussicht nach Wohngebäude sind:
1. ALK-Attribut „LNR" = 1 ⇨ nur Hauptgebäude sind Wohngebäude
2. ALK-Attribut „OBJART" = 1001 ⇨ nur „Allgemeine Gebäude" sind Wohngebäude
3. ALK-Objekt liegt *nicht* in BauNVO-Flächen G o. SO ⇨ nur in W, M *o. im Außenbereich* liegen Wohngebäude
4. ALK-Objekt besitzt eine Grundfläche > 25 m² ⇨ nur größere Gebäude sind Wohngebäude

⇨ 1,61 Mio. selektierte ALK-Objekte = vorläufige Wohngebäude

B) Plausibilitätskontrollen u. Korrekturen:
⇨ **1,61 Mio.** korrigierte ALK-Objekte = **Wohngebäude** i.S. der VBEB
- 1,56 Mio. in Lärmkartierung Hessen 2007, ABER: 1,3 Mio. laut amtlicher Statistik (HST, 2010)

Anmerkung: Zu korrigieren sind nur ca. 100 Flughafen-Gebäude, weil sie in keiner BauNVO-Fläche liegen und wegen Nr. 3 fälschlich zu Wohngebäuden wurden. Die Korrekturen haben einen eher geringen Effekt, s. Fußnote 451, S. 250.

C) Ordne die Einwohner *pro Gemeinde* den Wohngebäuden *pro Gemeinde* zu:
- Ermittle *für jede Gemeinde getrennt* die Gesamt-Grundfläche aller Wohngebäude *in der Gemeinde*
- Verteile *für jede Gemeinde getrennt* die Einwohner (= EWZ) auf die Wohngebäude proportional zu deren Grundfläche

D) Verteile die Fassadenpunkte um jedes Wohngebäude u. dessen Einwohner auf die Fassadenpunkte gemäß VBEB
E) Berechne die Fassadenpegel LDEN(FAS) für alle **13,6 Mio. Fassadenpunkte** in HEplus (Standardmodell, d.h. DTV0 usw.)
F) Berechne die Prozentzahlen für die Belasteten und die LDEN(FAS)-Mittelwerte, wobei:
- Gesamteinwohner in Hessen = Summe der EWZ-Attributwerte aller 430 Gemeinden = ca. 6,1 Mio.

Die LDEN(FAS)-Mittelwerte im **Anhang** (S. 370) entstehen, indem man die LDEN(FAS)-Fassadenpegel *pro Gemeinde* auswertet.

ver Maßstab nutzen, um Gemeinden miteinander zu vergleichen, in eine Rangfolge zu bringen – **Ranking** – und daraus Prioritäten für Lärmaktionspläne, Förderprogramme o.Ä. abzuleiten (Jäschke, 2012). Die Ergebnisse sollten umso aussagekräftiger und der Nutzen umso größer ausfallen, je strenger man folgende 2 Voraussetzungen beachtet:

1. Alle Vergleiche immer mit demselben Akustik-Modell durchführen
2. Die Kenngrößen nie unkritisch und nie als einzige Informationsquelle anwenden

Nr. 1 und 2 gelten sinngemäß auch für andere Kenngrößen und absolute Maßstäbe (s.o.). Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich darauf, die beiden Voraussetzungen für das anschließend durchgeführte „Ranking der 430 hessischen Gemeinden mittels L_{DEN}-Mittelwerten im Außenraum" (= Lärmbelastung des Außenraumes) zu konkretisieren.

zu Voraussetzung Nr. 1: Idealerweise beruht ein Ranking ausschließlich auf den in der *realen Welt* tatsächlich vorhandenen Unterschieden, hier also speziell auf der *realen* akustischen Topologie der Gebiete. Die lässt sich aber nur näherungsweise erfassen, was in dieser Arbeit durch Akustik-Modelle geschieht. Sie beschränken sich auf den einen Faktor L_{DEN} und hängen zudem von ca. 50 frei wählbaren Parametern ab (s. Kap. 4.2, S. 137). Damit ein **faires Ranking** entsteht, sind überall dieselben Parameter*werte* zu wählen, d.h.:

- Die Gebiete sind in einheitlicher Qualität zu kartieren

Die Voraussetzung ist erfüllt, wenn (s. Kap. 4.2, S. 137)

- *entweder* jede Kartierung für alle 50 Parameter Idealwerte nutzt – Idealfall
- *oder* jede Kartierung zumindest für die besonders pegelrelevanten Kern-Parameter *identische* oder *ähnliche* Parameterwerte nutzt – Näherung

Im Idealfall vereinfacht sich die „allgemeine" Gleichung[511]

- $L_{Gesamt}(i) = L_{akustische\ Topologie\ =\ reale\ Welt}(i) + L_{Parameter\ =\ Akustik\text{-}Modell\ =\ Abbild\ der\ realen\ Welt}(i)$

zu der für ein faires Ranking erforderlichen „fairen" Gleichung

- $L_{Gesamt}(i) = L_{akustische\ Topologie}(i) + konstant$
  - d.h. $L_{Parameter}(i) = L_{Parameter} = konstant$, unabhängig von i
  - ⇨ Alle Parameter beeinflussen die Gesamtpegel aller i Gebiete einheitlich

Da ein Ranking letztlich auf Pegeldifferenzen dL(i, j) = L(i) - L(j) zwischen Gebieten i und j beruht, bedeutet das:

- faires Ranking:
  - $dL_{Gesamt}(i, j) = dL_{akustische\ Topologie}(i, j) + 0\ dB = dL_{akustische\ Topologie}(i, j)$
- *un*faires Ranking[512]:

---

[511] Der Gesamtpegel $L_{Gesamt}(i)$ eines beliebigen Gebietes i, i = 1,..., N, lässt sich fiktiv in 2 Anteile zerlegen:
1) $L_{akustische\ Topologie}(i)$ = Teilpegel, der nur von der *wahren* akustischen Topologie abhängt – für ein faires Ranking benötigt
2) $L_{Parameter}(i)$ = Teilpegel, der nur von den Parametern abhängt – für ein faires Ranking störend

$L_{Parameter}(i)$ = konstant gilt exakt nur dann, wenn in allen Gebieten alle Parameter dieselben *Ideal*werte besitzen.
Anschließend werden untersucht: Gebiete = die 430 hessischen Gemeinden, d.h. i = 1, …, N = 430.

[512] Im Gegensatz dazu kann tatsächlich von einem „fragwürdigen ‚Städtelärmranking 2011'" (Brendle, 2011, S. 225) gesprochen werden, wenn GEERS-Stiftung (2011) und IBP (2011) die 27 Städte mit mehr als 250.000 Einwohnern (~ Ballungsräume der 1. Stufe) „einfach so" miteinander vergleichen, ohne den Einfluss der Parameter(werte) zu beachten. Dieser ist aber entscheidend, da die 27 Städte *nicht* auf einem *einheitlichen* Akustik-Modell beruhen und deshalb manche Parameter stark unterschiedliche Werte besitzen. Beispiel 1: Beim Parameter „DTV-Schwelle" überstreichen die Werte einen großen Bereich von $DTV_{Schwelle}$ = ca. 1.000 bis 16.000 Kfz/24h (Aachen, 2007; Münster, 2008). Die stark unterschiedlichen DTV-Schwellen führen zu Pegeldifferenzen und diese wiederum zu verschiedenen RAS-Mittelwerten. Für letztere gilt nach Tab. 61 (S. 260):
a) DTV1000: 46,4 dB(A) und b) bei DTV16000: 35,3 dB(A) ⇨ $dL_{Parameter}$(Städtelärmranking) = **11,1 dB**
Beispiel 2: Referenz = DTV0: 47,7 dB(A) ⇨ $dL_{Parameter}$(allgemein) = **12,4 dB**
- Datengrundlage für die Beispiele 1 und 2: HEplus, **RAS**, L_{DEN} OHNE NoData und OHNE extrapolierte Pegel

Beispiel 3 (Jäschke, 2011a): Hessen, **FAS**-Pegel *mit Einwohnern gewichtet*, im Hinblick auf die 1. und 2. Stufe ausgewertet:
1) DTV16000END: 40,8 dB(A). 2a) DTV8000END: 42,1 dB(A). 2b) DTV8000: 44,0 dB(A). R) Referenz = DTV0: 55,7 dB(A)
⇨ $dL_{Parameter}$(FAS, **1.** Stufe) = **14,9 dB ~ 15 dB**

- $dL_{Gesamt}(i, j) = dL_{akustische\ Topologie}(i, j) + dL_{Parameter}(i, j) \neq dL_{akustische\ Topologie}(i, j)$,
  - mit $dL_{Parameter}(i, j) > 0$ dB – **bis ~15 dB** möglich (s. Fußnote 512)

HEplus (~ Hessen) entspricht der oben skizzierten Näherung, da es vielfach nicht Ideal- und Realwerte, sondern Optimal- und Pauschalwerte beinhaltet und dadurch die reale akustische Topologie nur näherungsweise erfasst. Davon abgesehen besitzen aber alle Parameter eine einheitliche Qualität, die nicht vom Gebiet i abhängt. Deshalb lassen sich mit HEplus (näherungsweise) faire Rankings – **so fair wie derzeit möglich** – für beliebige administrative oder sonstige Raumeinheiten durchführen.

zu Voraussetzung Nr. 2: Generell sind Kenngrößen nichts anderes als Filter und daher ebenso „zweischneidig" mit Vor- und Nachteilen verbunden (s. Kap. 6.6.9, S. 269): Übersicht auf der einen Seite – Informationsverluste auf der anderen. Speziell für HEplus stellt sich die Frage, wie die NoData-Pegel in die Berechnung der L_{DEN}-Mittelwerte einfließen sollen. Sie treten ausschließlich bei SCH auf, kennzeichnen dort tatsächlich ruhige Flächen, besitzen aber einen willkürlichen Ersatzpegel von L_{DEN} = NoData = -81,6 dB(A), obwohl die „echten" Pegel zwischen -110 und +30 dB(A) liegen (s.S. 275)[513]. Auf die 430 Gemeinden verteilen sich die NoData folgendermaßen: 42 komplett NoData, 291 mit NoData-Teilflächen und 97 ohne einen einzigen NoData-Pegel. In die Mittelwerte können die NoData-Pegel grundsätzlich wie folgt einfließen:

a) NoData beachten, d.h. mit einem Ersatzpegel von -81,6 dB(A) o.Ä. einrechnen:
   - Vorteil: Die Ersatzpegel übertragen die „Ruhe" in die Mittelwerte
   - Nachteil: Jeder Ersatzpegel ist willkürlich, damit auch die Mittelwerte
b) NoData ignorieren, d.h. nur „echte" Pegel in die Mittelwerte einrechnen:
   - Vorteil: Die Mittelwerte sind eindeutig und i. Allg. „Maximalwerte"[514]
   - Nachteil: Die Mittelwerte berücksichtigen die tatsächliche Ruhe nicht

Keine der beiden Optionen ist der anderen eindeutig vorzuziehen. Gewählt wird Option b, weil sie weniger willkürlich erscheint und für die Ruhigen Gebiete eher dem „Worst Case"-Fall entspricht (s.S. 125: Tab. 21, Strategie S8). Damit gilt:

- Bei SCH fließen NoData-Pegel nicht in die Mittelwerte ein, obwohl hier NoData tatsächlich „Ruhe" bedeutet (s.S. 275)

Es zeigt sich, dass zumindest die Rangfolge der 24 Gemeinden mit den *größten* Lärmbelastungen unverändert bleibt, egal ob man die SCH-NoData ignoriert oder dafür Ersatzpegel (zwischen -81,6 und 0 dB(A)) verwendet. Die SCH-Mittelwerte sind somit sowohl nützlich als auch problematisch und deshalb mit Vorsicht zu verwenden (s.o.: Nr. 2).

$dL_{Parameter}$(FAS, **2.** Stufe) = **13,6-11,7 dB** ⇨ Verbesserung: nur 1,3-3,2 dB ⇨ **dauerhaft** hohe **Fehler** von **mehr als 10 dB**
⇨ Lärmkarten der **2 ff. Stufe** sind **kaum besser als** die der **1. Stufe** – gilt für FAS *und* RAS (Fußnote 449, S. 249 u. S. 267)

[513] Bei SCH liegen 42 Gemeinden weiter als r_S = 4.000 m (Suchradius) von sämtlichen Schienenquellen weg. Für sie gilt: L_{DEN}(Mittelwert, SCH) = -81,6 dB(A) = NoData = niedrigster Mittelwert = „sehr ruhig" = Priorität 1 bzgl. des Schutzes der vorhandenen Ruhigen Gebiete (s.S. 275) – z.B. gegen eine Zunahme des Lärms (s.S. 344: Tab. 85, Nr. 3). Bei STR und FLG – und deshalb auch GES – treten keine NoData-Pegel und folglich auch keine NoData-Mittelwerte auf. Ausnahme: Die 4 gemeindefreien Flächen (s.S. 281) sind auch einwohnerfrei und daher gilt dort: L_{DEN}(FAS) = NoData.

[514] D.h. die tatsächlichen Mittelwerte liegen *im Allgemeinen* unter den hier OHNE NoData berechneten Mittelwerten. Es sind aber auch *seltene* Konstellationen denkbar, in denen das nicht gilt. Idealisiertes Beispiel (s.a. Fußnote 522, S. 288): Eine rechteckige Gemeindefläche liege zwischen zwei Schienenwegen A und B, die folgende Pegel erzeugen:

- A: auf 10 % der Gemeindefläche „echte" Pegel von ca. 0 dB(A), auf den restlichen 90 % NoData-Pegel
- B: zu 100 % NoData-Pegel, da die „echten" Pegel vor der Gemeindegrenze bei B enden und dort 30 dB(A) betragen

⇨ Mittelwert ohne NoData-Pegel ~ 0 dB(A) < tatsächlicher Mittelwert = zwischen 0 und 30 dB(A)

Ranking der 430 hessischen Gemeinden mittels LDEN-Mittelwerten – Außenraum
Für die 430 Gemeinden berechnet man den **LDEN-Mittelwert** nach folgender Anleitung:

- Wähle eine Lärmart Y = STR, SCH, FLG oder GES
- Ermittle alle Rasterpunkte (RAS), die in das Gebiet einer Gemeinde fallen
- Wähle davon alle, die außerhalb von Gebäuden liegen (OHNE Extrapolierte)
- Wähle davon wiederum alle, die nicht NoData sind, d.h. alle LDEN(Y) > -80 dB(A)
- Summiere die zugehörigen LDEN(Y) auf (= Gesamtpegelsumme)
- Berechne: LDEN-Mittelwert = Gesamtpegelsumme/Anzahl

Die Rechenschritte erfolgen für jede der 4 Lärmarten getrennt und führen zu 4 LDEN(RAS)-Mittelwerten pro Gemeinde. Für das Ranking werden sie jeweils der Größe nach sortiert und ergeben pro Lärmart **2 korrespondierende Prioritätenlisten (= Ranglisten)**:

- Kriterium A: *höchster* Mittelwert = Priorität 1 bzgl. Lärmbekämpfung
  = Priorität 430 bzgl. Schutz Ruhiger Gebiete
- Kriterium B: *niedrigster* Mittelwert = Priorität 1 bzgl. Schutz Ruhiger Gebiete
  = Priorität 430 bzgl. Lärmbekämpfung

Die Mittelwerte stellt der nächste Abschnitt vor, das Ranking folgt in Kap. 7.1.5 (S. 286).

Häufigkeitsverteilung der LDEN-Mittelwerte in den 430 hessischen Gemeinden
Die Häufigkeitsverteilung der 430 LDEN-Mittelwerte geht aus Abb. 59 hervor (s.a. Abb. 58).

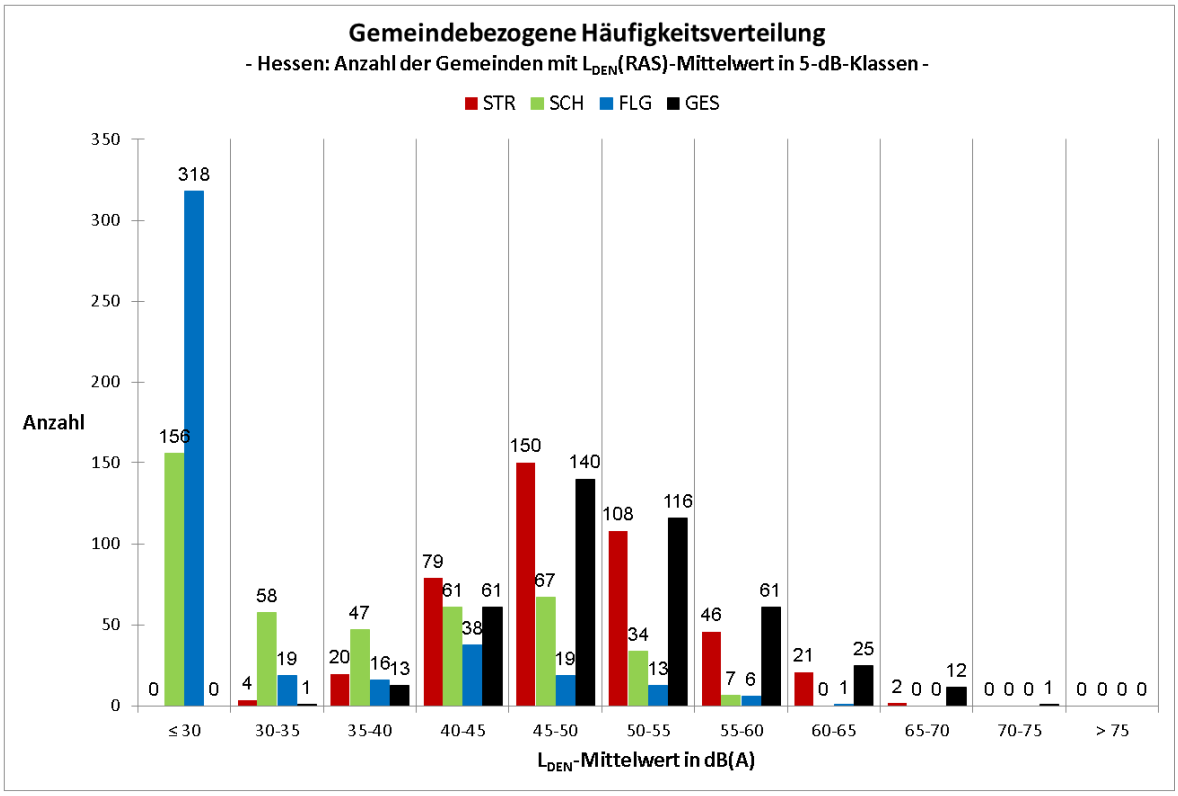


Abb. 59: Häufigkeitsverteilung der LDEN(RAS)-Mittelwerte in den 430 hessischen Gemeinden.

Die Häufigkeitsverteilung zeigt:

- Im Vergleich zur Häufigkeitsverteilung der Rohdaten (Abb. 58) hat eine mittelwerttypische Verschiebung zur Mitte hin stattgefunden. Allerdings bleibt bei SCH und FLG die unterste Randklasse weiterhin am stärksten besetzt
- **Vergleich von GES und STR**:
  - Die Besetzungszahlen unterscheiden sich um maximal 18 Gemeinden
  - Ab Klasse „50-55“ liegt GES über STR – bei den Rohdaten ab „44-45“
  - Ab Klasse „60-65“ spielen nur noch STR und GES eine Rolle (1 Ausnahme)
  - 1 Gemeinde besitzt einen GES-Mittelwert von über 70 dB(A):
    - **Raunheim: 71,8 dB(A)**
- In zahlreichen Gemeinden liegen bereits die Mittelwerte über den UBA-SRU-Lärmschutzzielen (s. Tab. 88, S. 351) – was erheblichen Sanierungsbedarf andeutet

Weitere aggregierte Informationen liefert Tab. 70, während der Anhang eine detaillierte Auflistung sämtlicher Mittelwerte aller 430 Gemeinden enthält (s.u. und S. 370).

Tab. 70: Informationen über die LDEN(RAS)-Mittelwerte in den 430 hessischen Gemeinden.
Legende: obere Zahl = Anzahl der Gemeinden, untere Zahl = Prozent der Gemeinden, wobei 100 % ≙ 430.

Nr.	Merkmal	STR	SCH	FLG	GES
1	**stark verlärmte** Gemeinden: $\stackrel{\text{def}}{=}$ LDEN-Mittelwert > 65 dB(A)	2 0,5 %	0 0 %	0 0 %	13 3 %
2	**verlärmte** Gemeinden: $\stackrel{\text{def}}{=}$ LDEN-Mittelwert > 55 dB(A)	69 16 %	7 2 %	7 2 %	99 23 %
3	**ruhige** Gemeinden: $\stackrel{\text{def}}{=}$ LDEN-Mittelwert ≤ 35 dB(A)[515]	4 1 %	214 50 %	337 78 %	1 0,25 %
4	Wertebereich der Mittelwerte	30,4-67,4 dB(A)	NoData, -24,1-59,5 dB(A)	-64,1-63,9 dB(A)	30,8-71,8 dB(A)
5	Mittelwert der Mittelwerte ± Standardabweichung	49,2 ± 6,0 dB(A)	35,1 ± 14,1 dB(A)	-4,6 ± 35,0 dB(A)	50,7 ± 6,5 dB(A)

Die räumliche Verteilung der LDEN-Mittelwerte geht aus Abb. 60 (s. nächste Seite) hervor.

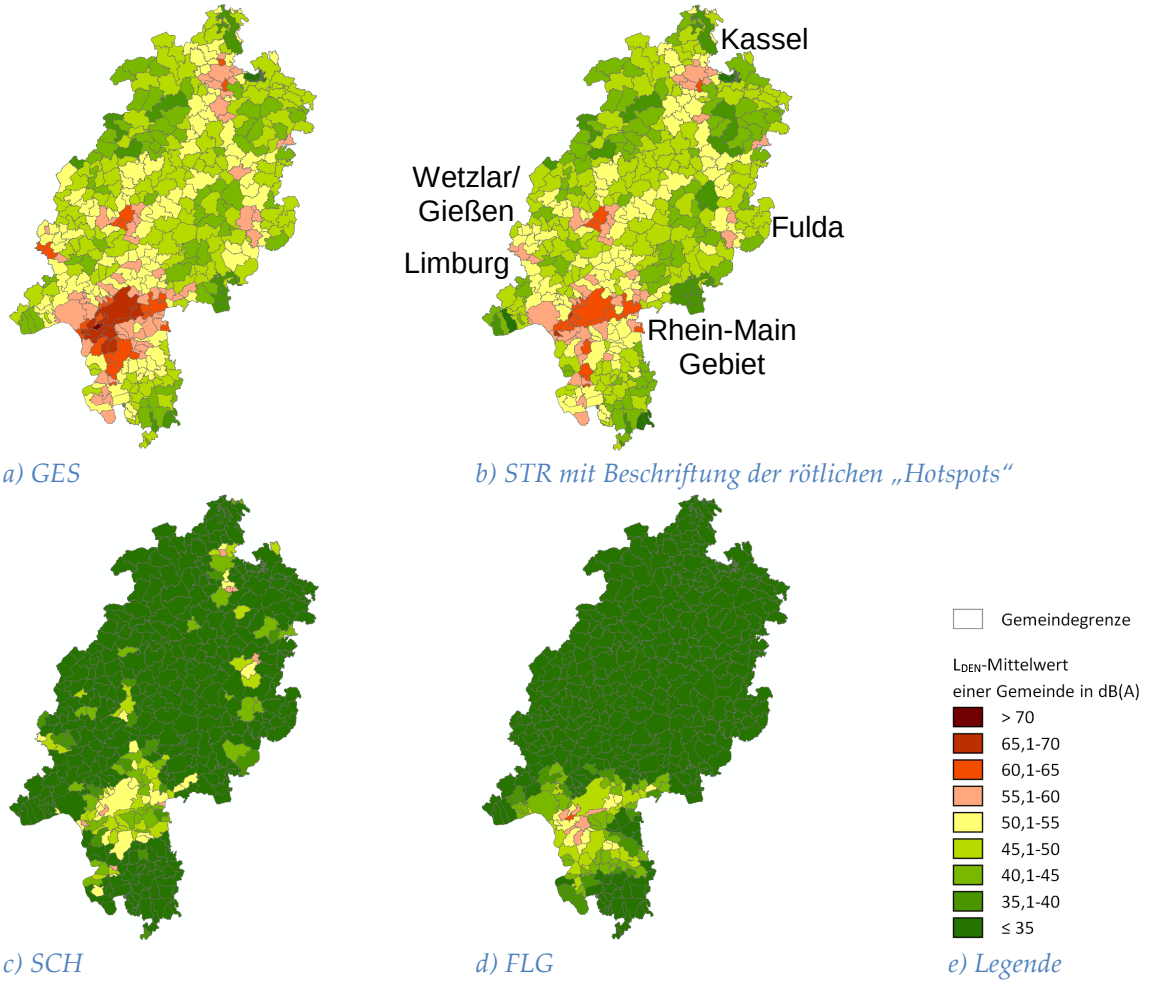
Aus Tab. 70 und den Karten lässt sich schlussfolgern:

- **STR** führt zu den höchsten Lärmbelastungen und das nahezu landesweit (~ **„ubiquitär“**, s.S. 280), SCH und FLG belasten lokal oder regional und weniger stark
  - ABER: Es gibt auch (relativ) ruhige Gemeinden – auch noch bei GES
- **Mittelwert** ± Standardabweichung in dB(A) für STR, SCH, FLG und **GES**:
  - Gemeinden: 49,2 ± 6,0, 35,1 ± 14,1, - 4,6 ± 35,0 und **50,7 ±** 6,5
  - RAS-Pegel (S. 277): 47,7 ± 11,8, 38,1 ± 16,3, -12,4 ± 32,9 und **49,1 ±** 11,5
  - ⇨ GES vor STR vor FLG vor SCH
- STR- und GES-Hotspots stimmen vielfach überein
  - ⇨ GES wird durch STR vorgeprägt, s.a. Tab. 67, S. 278
- Das **Rhein-Main-Gebiet** nimmt eine Sonderstellung ein:
  - 3-fache Lärmbelastung durch STR, SCH und FLG *gleichzeitig*

[515] **Am „ruhigsten“**: a) bzgl. GES: Gutsbezirk Kaufunger Wald mit **30,8 dB(A)**
b) bzgl. STR: Oestrich-Winkel mit **30,4 dB(A)**, Gutsbezirk Kaufunger Wald 30,7 dB(A), Hesseneck 34,3 dB(A) und Sensbachtal 34,4 dB(A)
Beachte: Von den obigen RAS-Mittelwerten können die FAS-Mittelwerte deutlich abweichen – s. Anhang, S. 370.
Beispiel: **Oestrich-Winkel**, STR: FAS-Mittelwert = **55,1 dB(A)** ≫ **30,4 dB(A)** = RAS-Mittelwert ⇨ Rang 186 ≪ Rang 430.

- *Größter* zusammenhängender Hotspot mit den *höchsten* Belastungen
  - ⇨ Bietet sich als **gemeinde*übergreifender* Ballungsraum** i.S. der END an

Darüber hinaus legen die GES- und STR-Karten **weitere** gemeinde*übergreifende* Ballungsräume nahe: um Kassel, um Fulda, um Limburg und um Gießen/Wetzlar. Von diesen 4 Regionen hat das Land Hessen lediglich die Stadt Kassel als gemeinde*scharfen* Ballungsraum nach Art. 7 Abs. 2 END gemeldet (ted, 2011; Stapelfeldt, M.O.S.S. & IVU, 2012).



a) GES *b) STR mit Beschriftung der rötlichen „Hotspots“*

c) SCH *d) FLG* *e) Legende*

Abb. 60: Räumliche Verteilung der LDEN(RAS)-Mittelwerte in den 430 hessischen Gemeinden.

7.1.5 Rangliste der 10 lautesten Gemeinden – STR, SCH und FLG

Rangliste der 10 lautesten[516] Gemeinden – STR, SCH und FLG

Tab. 71 enthält 3 Ranglisten aus denen die jeweils 10 am stärksten durch STR, SCH und FLG belasteten Gemeinden hervorgehen. Mehrfach auftretende Gemeinden sind farblich markiert.

[516] Zur Wortwahl von „laut“ und „ruhig“, siehe Fußnote 59, S. 74.

Tab. 71: Hessen: Rangliste der 10 lautesten Gemeinden bzgl. STR, SCH und FLG.
Legende: farbig markiert = Gemeinden, die in mehr als einer Lärmart zu den 10 lautesten gehören,
Fettdruck = amtlicher Ballungsraum des Landes Hessen[517]; LDEN = LDEN-Mittelwert (RAS)
Vergleiche mit der Rangliste für GES, Tab. 72, S. 303.

Rang Priorität	STR Gemeinde	LDEN in dB(A)	SCH Gemeinde	LDEN in dB(A)	FLG Gemeinde	LDEN in dB(A)
1	Bischofsheim	67,4	Bischofsheim	59,5	Raunheim	63,9
2	Kriftel	65,1	Vellmar	57,9	Büttelborn	59,2
3	Kelsterbach	64,9	Hauneck	56,9	Nauheim	58,9
4	Raunheim	64,2	Bickenbach	56,5	Kelsterbach	58,6
5	Neu-Isenburg	63,1	Kelsterbach	56,3	Flörsheim am Main	57,9
6	**Frankfurt am Main**	62,9	Körle	55,3	Neu-Isenburg	57,4
7	Obertshausen	62,8	Großkrotzenburg	55,0	Mörfelden-Walldorf	56,8
8	Sulzbach (Taunus)	62,8	Bad Vilbel	54,2	Hochheim am Main	55,0
9	Mainhausen	62,7	Hattersheim am Main	53,9	Rüsselsheim	54,8
10	Pfungstadt	61,9	Mühlheim am Main	53,9	**Offenbach am Main**	54,1

Es gilt:

- Bischofsheim: 2-maliger „Spitzenreiter"; bei FLG auf Rang 15
- Kelsterbach: als einzige Gemeinde in allen 3 Ranglisten vertreten
- Raunheim: „Spitzenreiter" bei FLG, hier: FLG ~ STR; bei SCH: 19
- STR- und FLG-Rangliste: alle Gemeinden liegen im Rhein-Main-Gebiet
- SCH-Rangliste: liefert auch **„überraschende" Schwerpunkte**, die wohl ohne eine solche Rangliste nicht aufgefallen wären

Der **Anhang** (S. 370) enthält die **vollständige Prioritätenliste für Hessen:**

- für **alle** 430 Gemeinden
- für **alle** Lärmarten: STR, SCH, wSCH, FLG, wFLG und GES[518]
- für den **Außenraum** (RAS) und die **Fassaden** aller Wohngebäude (FAS)[519]

Es handelt sich um die erste derartige Datenbasis für Hessen – und wohl auch generell.

Um Fehlinterpretationen vorzubeugen, sei nochmals daran erinnert, dass die Ergebnisse dieses Abschnitts und insbesondere die Ranglisten folgenden **Restriktionen** unterliegen:

- Die Aussagen gelten ausschließlich für die Kenngröße „LDEN-Mittelwert der Außenraumbelastung (RAS)", die SCH- u. FLG-Pegel beinhalten keine wirkungsgerechten Korrekturen[520] und bei SCH werden die Lärmbelastungen in Gemeinden mit SCH-NoData-Pegeln überschätzt (s.o.)

Andere Kenngrößen führen i. Allg. zu anderen Ranglisten. Das gilt sowohl für andere RAS-Kenngrößen als auch für FAS-Kenngrößen, d.h. die Belastung von Wohngebäuden (FAS) oder Belastetenzahlen nach VBEB – hierzu ausführlicher: Jäschke (2012)[521].

---

[517] Siehe ted (2011) und Stapelfeldt, M.O.S.S. & IVU (2012).
[518] Nomenklatur: **wSCH** = wirkungsgerechter SCH-Pegel = LDEN(SCH) + dLDEN(SCH), s. Glch. (7.3) und (7.4), S. 298
wFLG = wirkungsgerechter FLG-Pegel = LDEN(FLG) + dLDEN(FLG), analog
[519] Vorbehaltlich der Annahmen in Fußnote 510, S. 281.
[520] Abhilfe durch wirkungsgerechte Korrekturen: s. Kap. 7.2 (S. 289), Prioritätenliste im Anhang (S. 370) und Jäschke (2012).
[521] Beispiele: a) RAS-Kennzahl: „Anteil der Gemeindefläche mit LDEN(RAS) > 55 dB(A)"
b) FAS-Kennzahl: „LDEN-Mittelwert aller Wohngebäude (FAS) einer Gemeinde" ⇨ Werte im Anhang, s.S. 370.

Insgesamt führen diese Aspekte zu folgenden **Empfehlungen**:

- Kritisch mit Kenngrößen und daraus abgeleiteten Ergebnissen umgehen (s.o.)
- Prioritäten auf Grundlage verschiedener Kenngrößen und Ranglisten setzen

Bestmögliche Lärmkartierungen (wie HEplus) bieten hier vielfältige Möglichkeiten.

Einfluss von DTV$_{\text{Schwelle}}$ auf die STR-Rangliste

Für STR lassen sich gemeindebezogene L_{DEN}-Mittelwerte und Ranglisten sowohl mit DTV0 als auch DTV8000END (= 2. Stufe) berechnen und vergleichen (s.a. Kap. 6.6, S. 251). Die Ergebnisse lauten:

- DTV8000END[522] unterschätzt die Mittelwerte *im Mittel* um **14,9 dB**
- Die Prioritäten der Gemeinden unterscheiden sich *im Mittel* um 49 Ränge
- i. Vgl. dazu ***geringere*** **Unterschiede** bei **hochbelasteten** Gemeinden **≙ Rang 1-40**[523]:
  - in den Mittelwerten um 3,4 dB, Wertebereich: 1,5 bis 7,3 dB
  - in den Prioritäten um 4,8 Ränge, Wertebereich: -29 bis +10 Ränge
- **Rang 1-3** belegen in DTV8000END ***dieselben*** **Gemeinden** wie in DTV0:
  - Abweichung der Mittelwerte: 2,4 dB, Wertebereich: 2,3 bis 2,5 dB

Der Umstand, dass DTV8000END die stärksten STR-Quellen beinhaltet, wirkt sich offenbar günstig auf die ~10 % der am höchsten belasteten Gemeinden aus.

Daraus lässt sich eine **2-stufige Kartierungsstrategie** ableiten:

- Landesweite 1:1-Kartierung mit den DTV-Schwellen der END, um die Gemeinden mit den höchsten Lärmbelastungen *grob* zu ermitteln
- Kartierung dieser Gemeinden (oder eines Teils davon) mit „allen Straßen" (DTV0), um wenigstens für diese Gemeinden bestmögliche Lärmkarten zu erhalten

Die Strategie wird allerdings ***nicht*** **empfohlen**, weil zu viele Unsicherheiten verbleiben, ein modernes Lärmmanagement auf eine landesweite „Vollerhebung" angewiesen ist und sich die dafür benötigte Kartierung mit DTV0 nicht schwieriger realisieren lässt. Die 2-Stufen-Strategie ließe sich aber mit der – ebenfalls *nicht* empfohlenen – Minimal-Alternative „alle Straßen mit realen DTV-Werten kartieren" (= „SVZ 2005" verwenden, s.S. 263) kombinieren, um einen **Einstieg in** die **NICHT-1:1-Kartierungen** zu finden.

Besser ist jedoch ein eindeutiger **Paradigmenwechsel** hin zu **DTV0**, das viel fundamentalere Vorteile besitzt, die noch dazu das ganze Rechengebiet (hier: ganz Hessen) betreffen.

Kap. 7.1 hat gezeigt, dass eine *getrennte* Analyse der Lärmarten (hier: STR, SCH und FLG) bereits hilft, zahlreiche praxisrelevante Fragen zu beantworten, z.B.:

- Welche Belastungen verursachen die Lärmarten relativ zueinander?
- In welcher Gemeinde treten die höchsten Belastungen pro Lärmart auf?
- Wo liegen Prioritäten für die Lärmbekämpfung und den Schutz Ruhiger Gebiete?
- In welcher Gemeinde sollte die für Lärmart Y zuständige Behörde nach objektiven Gesichtspunkten (Prioritätenliste) am ehesten handeln und Maßnahmen ergreifen?

Unbeantwortet bleibt aber eine ebenso wichtige Frage:

- Wo liegen die *insgesamt* höchsten Lärmbelastungen u. *insgesamt* ruhigsten Gebiete?

Antworten darauf liefern die nächsten beiden Abschnitte.

---

[522] DTV8000END *unter*schätzt in 411 Gemeinden die Mittelwerte *im Mittel* um **14,9 dB**, *über*schätzt sie in 1 Gemeinde um 10 dB und liefert für 18 Gemeinden nur NoData. Die Gemeinde mit Überschätzung entspricht in etwa dem Beispiel der Fußnote 514, S. 283.

[523] Die Ränge beziehen sich auf die DTV0-Rangliste.

7.2 Gesamtlärm GES – Berechnungsmethoden

Anknüpfend an den letzten Absatz verfolgen die nächsten Abschnitte das Ziel, erst die Gesamtlärmbelastung für HEplus zu berechnen, dann daraus die der 430 Gemeinden abzuleiten und schließlich eine GES-Rangliste aufzustellen. Dazu werden 2 Methoden angewandt und miteinander verglichen, die auf ganz unterschiedlichen Größen beruhen:

- Methode 1 = Rangsumme:
  = Summe der 3 Einzelränge R(Y) jeder Lärmart Y – Kap. 7.2.1
- Methode 2 = Gesamtlärmpegel L_{DEN}(GES):
  = „logarithmische" Summe der Einzelpegel L_{DEN}(Y) jeder Lärmart Y:
  - Herleitung des Gesamtlärmpegels – Kap. 7.2.2
  - Karten der Gesamtlärmbelastung – Kap. 7.3
  - GES-Prioritätenliste (Rangliste) auf Gemeindeebene – Kap. 7.4

Auch die END fordert eine Gesamtlärmbetrachtung:

- „... 'strategische Lärmkarte' [ist] eine Karte zur **Gesamtbewertung** der auf *verschiedene* Lärmquellen zurückzuführenden Lärmbelastung in einem bestimmten Gebiet oder für die **Gesamtprognosen** für ein solches Gebiet."[524]

Offen bleibt, was darunter zu verstehen und wie eine solche durchzuführen ist.

7.2.1 Methode 1: Rangsumme

Am einfachsten lässt sich aus den für alle 3 Lärmarten (STR, SCH und FLG) bereits vorliegenden Einzel*rängen* (s. Kap. 7.1.5, S. 286) wie folgt die Gesamtlärmbelastung einer jeden Gemeinde herleiten:

1. Addiere für jede Gemeinde die 3 Einzelränge zu einer **Rangsumme** R(GES) auf:
   - **R(GES)** = R(STR) + R(SCH) + R(FLG)
2. Sortiere R(GES) aufsteigend
3. Weise den Gemeinden von oben (kleinste Rangsumme) nach unten (größte Rangsumme) die Ränge 1 bis 430 zu

In den Umweltwissenschaften – z.B. bei Umweltverträglichkeitsprüfungen – kommen ähnliche Methoden relativ häufig zur Anwendungen. Allgemein werden so letztlich nicht vergleichbare Größen zuerst in vergleichbare Wirkungen (Bewertungen) transformiert und diese anschließend zu einer Gesamtwirkung (Gesamtbewertung, hier: Gesamt*rang*) aufaddiert. Auf Probleme, die durch die Transformationen oder mögliche Additionsgewichte entstehen können, wird hier nicht weiter eingegangen.

7.2.2 Methode 2: Gesamtlärmpegel L_{DEN}(GES)

Die Methode nutzt die für alle 3 Lärmarten Y = STR, SCH und FLG vorliegenden *Einzel*pegel L_{DEN}(Y) und berechnet aus diesen einen *Gesamt*lärmpegel L_{DEN}(GES). Diese Berechnung wird anschließend auf 2 unterschiedliche Arten (2a und 2b) durchgeführt.

2a) Einfache, *nicht* wirkungsgerechte Pegeladdition

Gesamtlärmpegel lassen sich durch logarithmische („energetische") Addition der Einzelpegel berechnen (z.B. Henn, Sinambari & Fallen, 1999):

- $L_{DEN}(GES) = 10 \times \log\{10^{0,1 \times L_{DEN}(STR)} + 10^{0,1 \times L_{DEN}(SCH)} + 10^{0,1 \times L_{DEN}(FLG)}\}$ – (7.1)

[524] Art. 3 lit. r END, Hervorhebungen durch den Autor.

Drei identische Pegel von z.B. L_{DEN}(STR) = L_{DEN}(SCH) = L_{DEN}(FLG) = 62 dB(A) ergeben L_{DEN}(GES) = 66,8 dB(A).
Die Methode vernachlässigt, dass verschiedene Lärmarten Y bei gleichem L_{DEN}(Y) i. Allg. *nicht* dieselben Wirkungen hervorrufen. Wie sich dieser Nachteil durch eine wirkungsgerechte Pegeladdition vermeiden lässt, zeigen die nächsten Abschnitte.

2b) Wirkungsgerechte Pegeladdition über Dosis-Wirkungs-Funktionen W = W(L_{DEN}(Y))
Schall kann bei Lebewesen (Menschen und Tieren) die unterschiedlichsten Lärm- und Ruhewirkungen *W* hervorrufen (s.a. Kap. 2.3, S. 87):

- W = Gehörschaden, Schlafstörung, Belästigung u.v.a.m.[525]

Welche Wirkung W Lärm der Art Y und der Dosis L_{DEN}(Y) verursacht, lässt sich durch eine **Dosis-Wirkungs-Funktion** beschreiben:

- W = W(L_{DEN}(Y))

Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich auf die Wirkung

- W = Belästigung,

speziell

- W = starke Belästigung,

definiert durch:

- W = Prozentsatz %***HA*** der Menschen, die sich bei gegebenem L_{DEN}(Y)
  stark belästigt – *„Highly Annoyed“* – *fühlen* (Selbsteinschätzung, s.u.: Nr. 1)

Die zugehörige Dosis-Wirkungs-Funktion wird in einem mehrstufigen Verfahren ermittelt, dessen Grundzüge wie folgt aussehen (EU, 2002):

1. Bestimmung der Wirkung %HA:
   - Eine bestimmte Anzahl von Menschen (Stichprobe) wird gefragt:
     - „Wenn Sie einmal an die letzten (12 Monate) hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich durch Lärm von (Quelle) insgesamt gestört oder belästigt gefühlt?“
       – (ISO/TS 15666, 2003, p. 13)[526], vgl. mit Tab. 10, S. 89
   - Die Befragten geben ihre Antworten durch **Selbsteinschätzung** auf einer vorgegebenen **n-stufigen Belästigungsskala**, in der n mit der Schwere der Belästigung wächst. Bei Verwendung der international empfohlenen **5-stufigen ICBEN-Skala** (s. Fußnote 527) ordnen die Befragten ihre Antworten einer von 5 Klassen zu: von n = 5 = *„äußerst stark“* bis n = 1 = *„überhaupt nicht“*[527]
   - Studien, die verschiedene Belästigungsskalen von 1 bis n verwenden, werden auf eine **normierte**, kontinuierliche **Belästigungsskala n_{norm} von 0-100 %** proportional umskaliert. Das macht sie vergleichbar und ggf. kombinierbar
   - Für die normierte Belästigungsskala gilt per Konvention:
     - ***%HA*** = Prozentsatz der Antworten im Bereich n_{norm} = **72-100 %**
     - ***%A*** = Prozentsatz der Antworten im Bereich n_{norm} = **50-100 %**
     - ***%LA*** = Prozentsatz der Antworten im Bereich n_{norm} = **28-100 %,**

---

[525] Beispiele in Guski (1987), SRU (1999), Maschke & Widmann (2004), Luxon & Prasher (2007), EPoN (2010) u. ÖAL (2011).
[526] Bei den Angaben in Klammern „(…)“ handelt es sich um Platzhalter:
a) Je nach Studiendesign ist der „Standard-Zeitraum“ von 12 Monaten durch geeignetere Angaben zu ersetzen
b) Statt „Quelle“ ist die konkrete Lärmart zu nennen: Straßen-, Schienen-, Flugverkehr oder auch „Lärm insgesamt“ usw.
[527] ICBEN = International Commission on the Biological Effects of Noise. Für die Wirkung „Lärmbelästigung“ hat die ICBEN eine internationale Konvention vorgelegt, wonach bei Befragungen eine 5-stufige verbale oder 11-stufige numerische Skala mit genau vorgegebenen Fragen und Antworten zu verwenden ist (Felscher-Suhr, Guski & Schuemer, 2000, s.a. ISO/TS 15666, 2003). Im Gegensatz dazu ist die Erfassung der Dosis kaum normiert, was angesichts der 50 frei wählbaren Parameter zu **Unsicherheiten in der Dosis** von **bis zu 15 dB** führen kann (s. Fußnote 512, S. 282) – sicher auch eine Ursache für die stark streuenden Dosis-Wirkungs-Funktionen in verschiedenen Studien (z.B. Stallen, 1999 und Schomer, 2005).

mit %HA, %A und %LA als die Anteile der Menschen, die sich **stark** belästigt, **belästigt** und **leicht** belästigt fühlen[528]

2. Bestimmung der zugehörigen Dosis $L_{DEN}(Y)$:
   - $L_{DEN}(Y)$ wird für die „am *stärksten* lärmbelastete Fassade" (Anhang I END, Hervorhebungen durch den Autor) der Wohnung des Befragten mittels Berechnung oder Messung ermittelt, d.h. es wird der **Maximalwert** von $L_{DEN}(Y)$ als Dosis angesetzt – *nicht* die Fassadenpegel nach VBEB und auch *nicht* deren Mittelwert. Im Gegensatz zur Wirkung (ICBEN-Skala) existieren für Dosis-Berechnungen
     - **keine Konventionen für die 50 Parameter** der Akustik-Modelle

     Wie die Parameterstudien dieser Arbeit gezeigt haben, hängt die Dosis aber stark vom Kartierer ab und kann **bis zu 15 dB variieren** (s. Fußnote 512, S. 282).
     Verlässliche Dosis-Wirkungs-Funktionen erfordern daher *zusätzlich*
     - **internationale Konventionen für die Dosis-Berechnungen**,

     d.h. Vorgaben für die Parameterwerte der Akustik-Modelle – und analog für die Durchführung von Messungen (IMAGINE, 2006)
3. Bestimmung der Dosis-Wirkungs-Funktion:
   - Auswahl einer geeigneten Interpolations-Funktion I,
     - I = Polynom 2. oder 3. Grades, Exponentialfunktion o.Ä., s. Abb. 61
   - Bestimmung der Parameter von I anhand der in Schritt 1 und Schritt 2 gewonnenen Daten für den Gültigkeitsbereich G der Daten

   ⇨ I = W = Dosis-Wirkungs-Funktion $\overset{hier}{\Longrightarrow}$ Belästigungs-Funktion – als Endergebnis:
     - W = %HA = %HA($L_{DEN}(Y)$) = I im Bereich G
     - Y = STR, SCH, FLG oder irgendeine andere Lärmart Y[529]

Hinsichtlich weiterer Details sei auf die Literatur verwiesen.[530]

Obwohl die Dosis-Wirkungs-Funktionen ausschließlich für die wohnraumbezogene Belästigung gelten (FAS-Pegel), werden sie **hier näherungsweise** auch für den **Außenraum** angewandt (RAS-Pegel), weil dort keine Alternativen zur Verfügung stehen.

Eine wichtige Einschränkung der Dosis-Wirkungs-Funktionen ist zu beachten:

- **Gültigkeitsbereich**: **45 dB(A) ≤ L_{DEN} ≤ 75 dB(A)**, i. Allg. (s.u.)

Jenseits davon fehlen valide empirische Daten.
Die derzeit vorhandenen Dosis-Wirkungs-Funktionen thematisieren ausschließlich den pathogenetischen Aspekt „Was macht krank?" (negative Lärmwirkungen). Im Hinblick auf die Ausführungen in Kap. 2.3.4 (S. 91) zu Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität, lautet daher die **Empfehlung**:

- **Dosis-Wirkungs-Funktionen** sind künftig auch für den salutogenetischen Aspekt „Was hält gesund?" – d.h. **für positive Ruhewirkungen** – zu erforschen,

um sowohl die negativen Lärmwirkungen als auch die positiven Ruhewirkungen *direkt* quantifizieren zu können (s.a. S. 298) – letztere werden derzeit, wenn überhaupt, nur *in*direkt über die Vermeidung von Lärmkosten berücksichtigt.

---

[528] Die Prozentbereiche berücksichtigen, dass sich stark belästigte Menschen (%HA) erst recht auch belästigt (%A) und leicht belästigt (%LA) fühlen und zu diesen beiden Gruppen hinzuzuzählen sind. Daher z.B.: %A = 50-100 % und *nicht* 50-72 %.
[529] Analog %A = %A($L_{DEN}(Y)$) und %LA = %LA($L_{DEN}(Y)$).
[530] Beispiele: Miedema & Oudshoorn (2001), Maschke & Widmann (2004), DELTA (2007), EPoN (2010) und UBA (2010).

Vergleich verschiedener %HA-Funktionen für STR

Dosis-Wirkungs-Funktionen sind aus einer stattlichen Anzahl von Studien bekannt (s. Fußnote 530, S. 291). Die Arbeiten unterscheiden sich häufig in wichtigen Merkmalen wie Studiendesign, befragte Personengruppen, Ort und Zeit der Untersuchungen, zugrundeliegende Lärm-Wirkungs-Modelle, Bestimmung von $L_{DEN}(Y)$, konkret verwendete Interpolationsfunktionen usw. Dadurch ergeben sich in ihren Grundzügen zwar insgesamt ähnliche, im Detail aber doch mehr oder minder unterschiedliche %HA-Funktionen.
Abb. 61 zeigt beispielhaft 3 verschiedene Belästigungsfunktionen für STR.

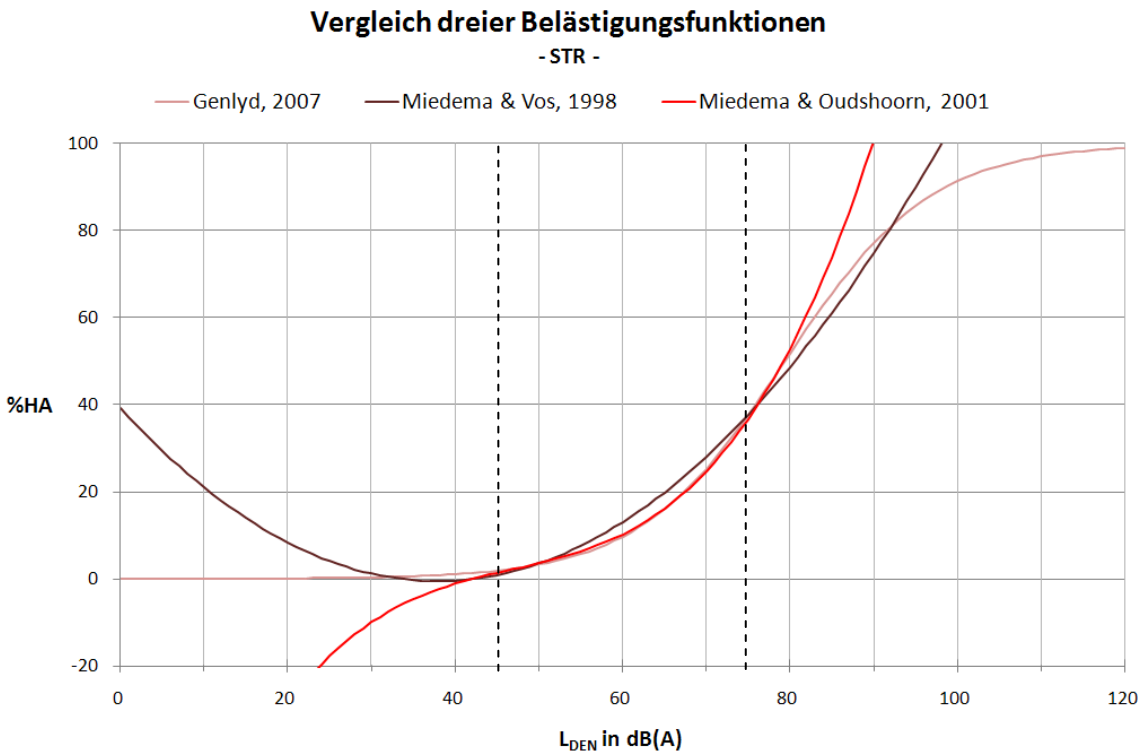


Abb. 61: Verschiedene Dosis-Wirkungs-Funktionen W = %HA = %HA(L_{DEN}) für STR.
Legende: gestrichelte Linien = Gültigkeitsbereich G von %HA: G = {45, 75}, d.h. 45 dB(A) ≤ L_{DEN} ≤ 75 dB(A)
3 farbige Kurven = je 1 Interpolationsfunktion I, für die in G gilt: I = %HA = Belästigungsfunktion
Anmerkungen: a) Bei Miedema & Oudshoorn (2001) gilt G = {42, 75}. b) I ist als mathematische Funktion auch außerhalb von G definiert, was die Abbildung für den Wertebereich L_{DEN} = 0-120 dB(A) zeigt. c) %HA hingegen ist außerhalb von G nicht definiert, weil dort valide statistische Daten fehlen. Außerdem würden dort 2 der 3 I-Funktionen schnell unsinnige %HA-Werte von %HA < 0 % und %HA > 100 % liefern. d) Genlyd, 2007 = DELTA (2007).

Das **Genlyd-Modell** (DELTA, 2007) verwendet für %HA

- eine **logit-**Funktion mit L_{DEN} als Argument und
- mit den beiden plausiblen Eigenschaften:
  - %HA → 0 % für L_{DEN} → -∞ dB(A)
  - %HA → 100 % für L_{DEN} → +∞ dB(A)

Die Modelle von **Miedema & Vos** (1998) und **Miedema & Oudshoorn** (2001) stellen %HA als

- **Polynom 2.** bzw. **Polynom 3. Grades** von L_{DEN} dar

Die Polynome führen außerhalb ihres Gültigkeitsbereiches G schnell zu unsinnigen %HA-Werten: %HA < 0 % und %HA > 100 % (s.a. Abb. 61).

Auf andere Darstellungen von %HA soll hier nicht weiter eingegangen werden.

- **Keine** der %HA-Funktionen hat sich bisher als **Standard** etablieren können

So wird z.B. in Dänemark das Genlyd-Modell, im aktuellen Entwurf der VDI 3722-2 (2011) die %HA-Funktionen von Miedema & Vos (1998) und von der EU (2002) die von Miedema & Oudshoorn (2001) empfohlen. Das **Expert Panel on Noise** (EPoN, 2010), welches die EU-Kommission bei der Umsetzung der END berät, favorisiert in seiner aktuellen Bewertung weiterhin die Dosis-Wirkungs-Funktionen der EU-Empfehlung (EU, 2002) mit **Ausnahme** derjenigen für **FLG**: Hierfür liefern europäische Studien, die *nach* 1990 stattfanden, höhere Belästigungen als die Studien *vor* 1990, auf denen die EU-Empfehlungen (EU, 2002) basieren. EPoN (2010) schlägt deshalb **neue Dosis-Wirkungs-Funktionen für FLG** vor, denen sich die EU-Kommission aber (noch) nicht angeschlossen hat. Zum Zeitpunkt als für diese Arbeit eine Entscheidung fallen musste, welche %HA-Funktion für FLG zu verwenden ist, waren die neuen FLG-Kurven noch nicht verfügbar.

EU-Empfehlung: Dosis-Wirkungs-Funktionen von Miedema & Oudshoorn (2001)

Die anschließenden Ausführungen konzentrieren sich auf die von der EU (2002) zur Durchführung der END vorgeschlagenen %HA-Funktionen von Miedema & Oudshoorn (2001, s. Abb. 62), welche folgende Merkmale besitzen:

- Lärmarten: STR, SCH und FLG
- Interpolations-/Belästigungs-Funktionen: Polynome 3. Grades von L_{DEN}
- Gültigkeitsbereich: **42 dB(A)** ≤ L_{DEN} ≤ 75 dB(A)

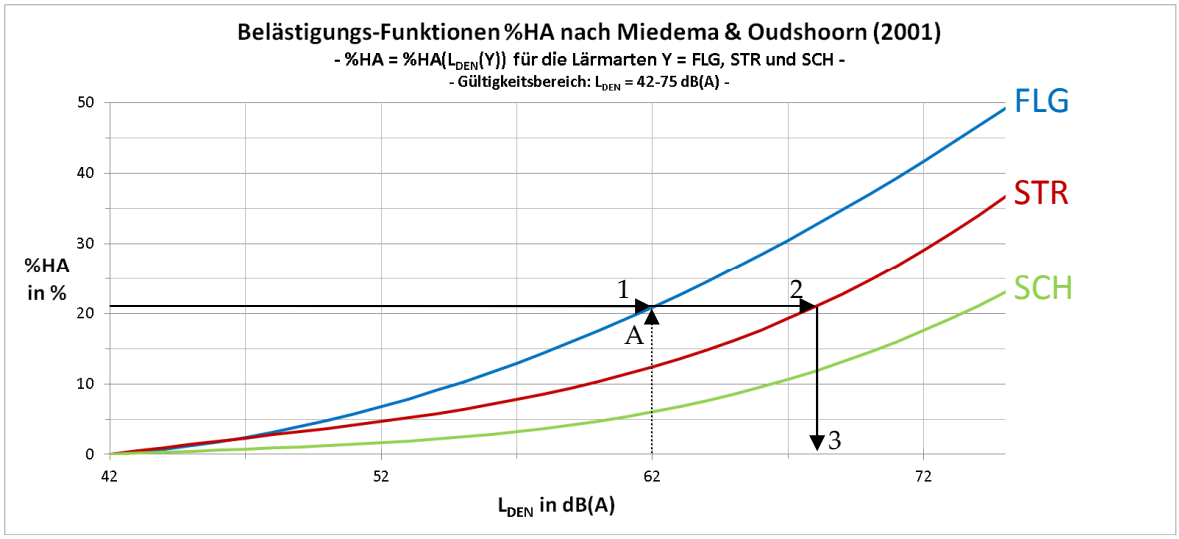


Abb. 62: Dosis-Wirkungs-Funktionen von Miedema & Oudshoorn (2001) für STR, SCH und FLG. Die schwarzen Pfeile zeigen, wie der wirkungsgerecht renormierte Ersatzpegel L konstruiert wird (s. Text).*

Wirkungsgerecht renormierter Ersatzpegel L^*_{DEN}

Angenommen, alle 3 Lärmarten STR, SCH und FLG verursachen jeweils getrennt einen Pegel von 62 dB(A): L_{DEN}(STR) = L_{DEN}(SCH) = L_{DEN}(FLG) = 62 dB(A). Dann lassen sich aus Abb. 62 die Anteile stark Belästigter %HA den jeweiligen Schnittpunkten von Pfeil A mit den drei %HA-Kurven entnehmen:

- %HA(STR) = 12 % ≠ %HA(SCH) = 6 % ≠ %HA(FLG) = 21 %

Ein und derselbe Pegel von 62 dB(A) ist demzufolge *nicht* wirkungs*gleich*. Bei den Beispielzahlen fällt die Wirkung von *SCH schwächer* und die von *FLG stärker* aus als die von STR. Weil die 3 Polynome stetige Funktionen sind, gibt es mit Sicherheit einen **fiktiven**

STR-Pegel **L^*_{DEN}(STR**, FLG), der dieselbe 21%ige Wirkung verursacht, wie der tatsächlich vorhandene FLG-Pegel mit L_{DEN}(FLG) = 62 dB(A):

- %HA(L^*_{DEN}(STR, FLG)) = %HA(L_{DEN}(FLG)) = 21 %

Die gesuchte Größe L^*_{DEN}(STR, FLG) wird in VDI 3722-2 (2011) als **renormierter Ersatzpegel** bezeichnet, weil es sich um jenen STR-Pegel handelt, durch den man den tatsächlich einwirkenden FLG-Pegel ersetzen kann, ohne dass sich die Wirkung %HA = 21 % ändert. Es gilt:

- L^*_{DEN}(STR, FLG) = L_{DEN}(FLG) + dL_{DEN}(FLG, %HA = 21 %)
  = 62 dB(A) + dL_{DEN}(FLG, %HA = 21 %),

worin dL_{DEN}(FLG, %HA = 21 %) der gesuchte **Zuschlag** (oder Abschlag, s. Abb. 64) ist, der den FLG-Pegel **wirkungs*gerecht*** in einen STR-Ersatzpegel transformiert.

L^*_{DEN}(STR, FLG) lässt sich mit Hilfe von Abb. 62 wie folgt finden: Man suche auf der %HA-Achse den Wert %HA = 21 %, bewege sich dann auf der parallel zur L_{DEN}-Achse verlaufenden Gerade %HA = 21 % = konst. solange nach rechts, bis man auf die %HA(L_{DEN}(STR))-Kurve trifft (erst Pfeil 1 und dann weiter Pfeil 2 in Abb. 62) und lese nun den zugehörigen Wert auf der L_{DEN}-Achse ab (Pfeil 3), hier: 68 dB(A), d.h.:

- L^*_{DEN}(STR, FLG) = 68 dB(A)

Dieselbe Wirkung %HA = 21 %, die Flugverkehr mit einem FLG-Pegel von 62 dB(A) verursacht, lässt sich auch dadurch hervorrufen, indem die Lärmart Flugverkehr durch die Lärmart Straße ersetzt *und* für letztere ein (höherer) **Ersatzpegel** von 68 dB(A) gewählt wird. Für den Zuschlag ergibt sich demzufolge:

- dL_{DEN}(FLG, %HA = 21 %) = +6 dB(A) ≙ Länge von Pfeil 2 in Abb. 62

Bei SCH wird analog verfahren: Entlang der Gerade %HA = 6 % = konst. gelangt man zum wirkungsgerechten SCH-Ersatzpegel L^*_{DEN}(STR, SCH) = 54 dB(A).

Bei STR gilt trivialer Weise: L^*_{DEN}(STR, STR) = 62 dB(A) sowie dL_{DEN}(STR, %HA = 12 %) = 0 dB.

Damit lauten die Zuschläge für dieses Beispiel (s.u.: Abb. 64):

- dL_{DEN}(FLG, %HA = 21 %) = +6 dB
- dL_{DEN}(SCH, %HA = 6 %) = -8 dB
- dL_{DEN}(STR, %HA = 12 %) = 0 dB[531]

Mit den vorliegenden Informationen lässt sich der ***wirkungsgerechte*** **Gesamtlärmpegel** L_{DEN}(GES) wie folgt bestimmen:

1) Addiere zu den 3 tatsächlich einwirkenden Pegeln von je 62 dB(A) ihre jeweiligen Zuschläge von +6 dB, -8 dB und 0 dB
2) Ersetze in Glch. (7.1) (S. 289) die 3 tatsächlich einwirkenden Pegel von je 62 dB(A) durch ihre renormierten Ersatzpegel von 68 dB(A), 54 dB(A) und 62 dB(A)

Mit den %HA-Funktionen ergibt sich eine ***wirkungsgerechte***, *ohne* die %HA-Funktionen eine ***einfache*** Pegeladdition.

Die zugehörigen Gesamtlärmpegel lauten:

- L_{DEN}(GES) = 69,1 dB(A) – wirkungsgerecht, nach Glch. (7.3)-(7.5), S. 298
- L_{DEN}(GES) = 66,8 dB(A) – einfach, nach Glch. (7.1), S. 289

Die **allgemeine Anleitung** zur Berechnung wirkungsgerechter Gesamtlärmpegel lautet:

- Wähle Y_0 = STR als Referenz, d.h. alle Pegel sollen wirkungsgerecht zu STR sein
  - Jede beliebige Lärmart kann Referenz sein, i. Allg. wird STR gewählt

[531] Nur der Vollständigkeit halber aufgeführt, da stets gilt: L^*_{DEN}(STR, STR) = L_{DEN}(STR), wenn auf STR renormiert wird.

- Berechne für $Y \neq Y_0$ die wirkungsgerechten Zuschläge
  - $dL_{DEN}(Y, \%HA(L_{DEN}(Y)) = L^*_{DEN}(STR, Y) - L_{DEN}(Y)$ – (7.2)
  - *so*, dass $L^*_{DEN}(STR, Y)$ dieselbe Wirkung %HA hervorruft wie $L_{DEN}(Y)$
    - d.h. *so*, dass gilt: $\%HA(L_{DEN}^*(STR, Y)) = \%HA(L_{DEN}(Y))$
- Ersetze in Glch. (7.1) (S. 289) alle tatsächlichen Pegel $L_{DEN}(Y)$ durch ihre renormierten Ersatzpegel[532] $L^*_{DEN}(STR, Y) = L_{DEN}(Y) + dL_{DEN}(Y, \%HA(L_{DEN}(Y))$
- Berechne $L_{DEN}(GES)$ gemäß Glch. (7.1) (S. 289)

Probleme bei der praktischen Bestimmung der Ersatzpegel
Bei der praktischen Umsetzung der Anleitung treten **3 Probleme** auf. Sie werden anschließend zusammen mit ihren Lösungen – welche i. Allg. von den spezifischen Zielen und Randbedingungen abhängen – für die Umstände dieser Arbeit beschrieben.

Problem 1: Wie wird beim Vergleich von Belästigungs-Funktionen unterschiedlicher Autoren mit den verschiedenen Gültigkeitsbereichen G der %HA-Funktionen umgegangen?
Die vorliegende Arbeit vergleicht in Abb. 61 drei %HA-Funktionen miteinander, deren obere Grenzen einheitlich bei 75 dB(A) liegen, deren untere sich mit 42 bzw. 45 dB(A) aber unterscheiden.
Lösung 1: Als **einheitlicher Gültigkeitsbereich** wird **G = {45, 75}**, also 45 dB(A) ≤ L_{DEN} ≤ 75 dB(A), gewählt und außerhalb einheitlich nach Lösung 3 verfahren (s.u.). Dadurch sind in ArcGIS konsistente und einfache Berechnungen ohne fehlerträchtige Fallunterscheidungen möglich.

Problem 2: %HA liegt bei Miedema & Oudshoorn (2001) als Polynom 3. Grades in $L_{DEN}(Y)$ vor. Daher lässt sich hier der Ersatzpegel $L_{DEN}^*(STR, Y)$ analytisch bestimmen, indem man die Gleichung $\%HA(L_{DEN}^*(STR, Y)) = \%HA(L_{DEN}(Y))$ nach $L^*_{DEN}(STR, Y)$ auflöst: $L_{DEN}^*(STR, Y) = L_{DEN}^*(L_{DEN}(Y))$. Die entstehenden Formeln erweisen sich aber bei der Berechnung der Gesamtpegelraster in ArcGIS als wenig performant und führen zu nicht reproduzierbaren Systemabstürzen.
Lösung 2: s. Lösung 3.

Problem 3: Wie wird mit Pegeln umgegangen, die außerhalb des (nach Lösung 1) einheitlichen empirischen Gültigkeitsbereiches G = {45, 75} der %HA-Funktionen liegen?
Die in Abb. 62 beschriebene grafische Ermittlung der Ersatzpegel (Pfeile 1-2-3) ist immer dann nicht möglich, wenn der tatsächliche Pegel oder der Ersatzpegel außerhalb von G liegt, wenn also gilt:

a) $L_{DEN}(Y)$ oder $L^*_{DEN}(STR, Y) < 45$ dB(A) *oder*
b) $L_{DEN}(Y)$ oder $L^*_{DEN}(STR, Y) > 75$ dB(A)[533]

Lösung 3:
zu a) **L_{DEN} < 45 dB(A)**:
- Verwende keine Zuschläge, d.h. setze dL(SCH) = dL(FLG) = 0 dB
- ⇨ Die tatsächlichen SCH- und FLG-Pegel fließen in Glch. (7.1) (S. 289) ein

zu b) **L_{DEN} > 75 dB(A)**:

---

[532] Für die Referenz STR gilt: $L_{DEN}(Y = STR) = L^*_{DEN}(Y_{Ref} = STR, Y = STR)$ – tatsächliche und renormierte Pegel sind identisch.
[533] Beispiel: Das beschriebene Vorgehen über die Pfeile 1-2-3 versagt bei %HA = 40 %, weil die rote Kurve nicht mehr erreicht wird. Grund: Der zu $L_{DEN}(FLG, \%HA = 40\ \%)$ gehörende Ersatzpegel $L^*_{DEN}(STR, FLG)$ liegt über 75 dB(A) und damit außerhalb des Gültigkeitsbereiches – in Abb. 62 (i. Ggs. zu Abb. 63) auch außerhalb des *dargestellten* Kurvenbereichs.

- Berechne die Zuschläge mit den Interpolations-Funktionen I = I(L_{DEN}(Y))

⇨ Die Belästigungs-Funktionen %HA werden durch I extrapoliert (s. Abb. 63)

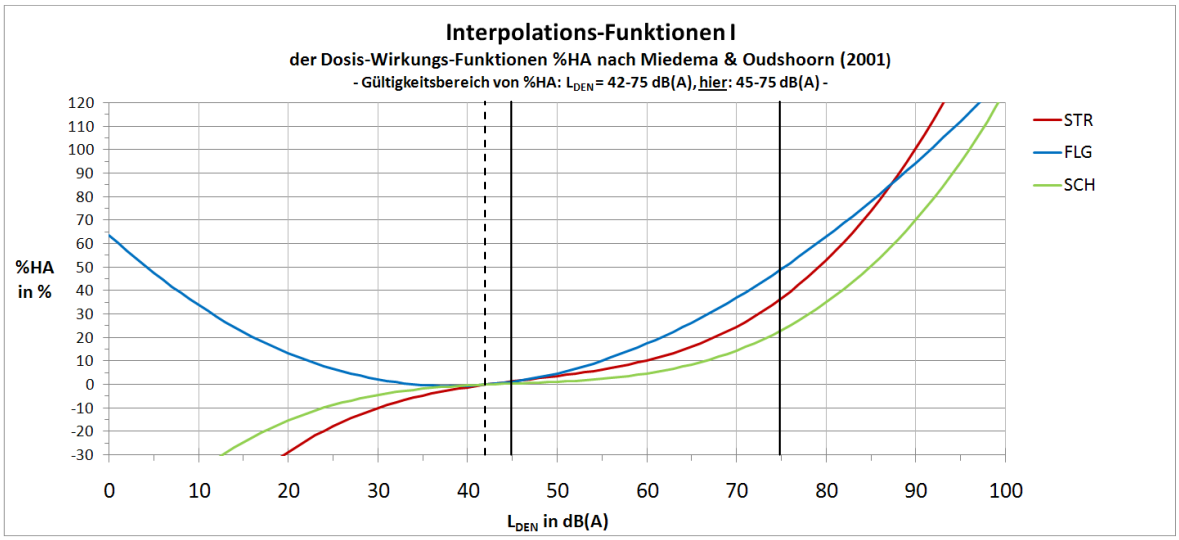


Abb. 63: Interpolations-Funktionen I zu den %HA-Funktionen von Miedema & Oudshoorn.
Verwendung der Interpolations-Funktionen I zur Berechnung von GES je nach Wert von L_{DEN}(Y):

a) < 45 dB(A): ohne Zuschläge, d.h. ohne Rückgriff auf I oder %HA
b) 45-75 dB(A): mit Zuschlägen, ermittelt aus der hier geltenden Beziehung I = %HA
c) > 75 dB(A): mit Zuschlägen, ersatzweise ermittelt mit Hilfe von I, obwohl hier I ≠ %HA

Lösung 3 lässt sich mit eher pragmatisch orientierten Argumenten rechtfertigen:
Argumente zu a): Die drei %HA-Funktionen sind für L_{DEN} = 45 dB(A) schon fast auf %HA = 0 % gesunken und haben sich einander angeglichen (Abb. 62, S. 293), d.h. STR, SCH und FLG sind hier näherungsweise wirkungsgleich und damit zuschlagsfrei. Der Zustand wird auf kleinere Pegel extrapoliert, obwohl die Wirkungen für L_{DEN}(Y) ≪ 45 dB(A) durchaus wieder divergieren können. Eine bessere Alternative ist nicht ersichtlich und Gewissheit wäre nur durch hinreichend valide Daten möglich, deren Erhebung deshalb ratsam erscheint (s.S. 291 u. 298).
Argumente zu b): b1) Weil %HA = I *im* Gültigkeitsbereich G = {45, 75} stetig verläuft, darf angenommen werden, dass auch knapp oberhalb von 75 dB(A) in guter Näherung gilt: %HA ~ I. Merklich oberhalb von 75 dB(A) ist mit größeren Abweichungen zu rechnen, weil %HA ~ I > 100 % unsinnig wäre.
b2) Für die Berechnung des Gesamtlärmpegels nach Glch. (7.1) (S. 289) kommt es weniger auf korrekte %HA-Werte an als auf korrekte Zuschläge dL_{DEN}, s.a. Glch. (7.2) (S. 295). Zuschläge können mit Hilfe der I-Funktionen für den gesamten Bereich L_{DEN}(Y) ≥ 45 dB(A) ermittelt werden, also auch für L_{DEN}(Y) ≥ 75 dB(A) und selbst für %HA > 100 %. Die aus I errechneten Zuschläge dL besitzen plausible Werte. Das Vorgehen entspricht dem der Abb. 62 (Pfeil 2): dL_{DEN}(Y) stimmt mit dem Abstand zweier I-Funktionen an der Stelle %HA überein – entweder dem Abstand von STR zu SCH oder von STR zu FLG.
b3): Von dem Problem sind nur sehr wenige Rasterpunkte (= RAS = IP) betroffen[534], so dass sich Fehler kaum auswirken. Grund dafür ist, dass sehr hohe Pegel L_{DEN}(Y) > 75 dB(A) (erfreulicher Weise) nur sehr selten auftreten. Speziell für HEplus gilt:

[534] Für L_{DEN}(Y) < 45 dB(A) gelten die Argumente b2) u. b3) *nicht*: b2) Die blaue Kurve entfernt sich schnell von den beiden anderen, s. Abb. 63. b3) Im Bereich L_{DEN} < 45 dB(A) liegen bei SCH 79 % und bei FLG 94 % aller Pegel, s. Abb. 58, S. 277.

- bei SCH:
  - Anteil L_{DEN} > 75 dB(A): **0,50 %**
  - Maximum aller L_{DEN}(SCH): 98,5 dB(A), dafür dL(SCH) = -5,7 dB
- bei FLG:
  - Anteil L_{DEN} > 75 dB(A): **0,05 %**
  - Maximum aller L_{DEN}(FLG): 95,8 dB(A), dafür dL(FLG) = -3,0 dB

Damit ArcGIS die Gesamtlärmpegel L_{DEN}(GES) möglichst performant berechnen kann, wird die Kalkulation der Zuschläge **dL_{DEN}(Y)** wie folgt implementiert:

- Setze Y = SCH oder FLG
- Wähle im Wertebereich L_{DEN}(Y) ≥ 45 dB(A) ausreichend dicht verteilte L_{DEN}-Werte als Stützstellen
- Berechne für alle Stützstellen die Zuschläge dL_{DEN}(Y) als Abstand der beiden I-Funktionen für STR und Y = SCH bzw. für STR und Y = FLG
  - ⇨ Ergebnis = Abb. 64:
  - blaue Rauten ≙ Zuschläge für Y = FLG
  - grüne Dreiecke ≙ Zuschläge für Y = SCH
- Lege durch die jeweiligen Stützstellen ein **Interpolations*polynom* y** mit möglichst geringem Grad, das eine bestmögliche Anpassung an dL_{DEN} garantiert
  - ⇨ y ~ dL_{DEN} = Zuschlag
- Verwende y und berechne damit in ArcGIS den Gesamtlärmpegel L_{DEN}(GES)

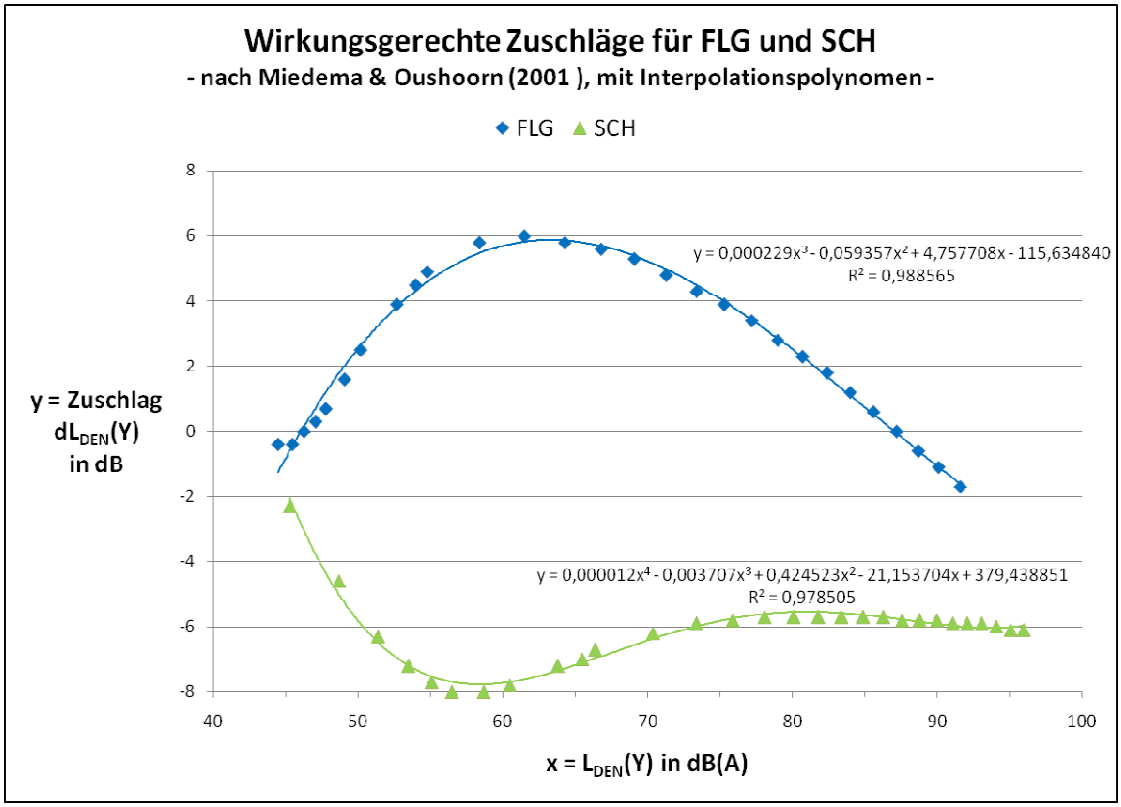


Abb. 64: Zuschläge für FLG und SCH nach Miedema & Oudshoorn (2001) für L_{DEN} ≥ 45 dB(A).

Die y-Polynome für L_{DEN} ≥ 45 dB(A) zu verwenden, ist gerechtfertigt, weil

- sich dadurch aufwändige Fallunterscheidungen vermeiden lassen

- wenige Pegel im Bereich L_{DEN} > 75 dB(A) liegen u. diese plausible y-Werte erhalten
- es irrelevant ist, ob z.B. bei 85 dB(A) der Zuschlag -5 dB oder + 5 dB beträgt

Vor allem im Hinblick auf die Ruhigen Gebiete ist zu **empfehlen**, die bestehenden Forschungsdefizite auszuräumen und

- zuverlässige Dosis-Wirkungs-Funktionen für niedrige Pegel L_{DEN} < 42 dB(A) bzw. < 45 dB(A) zu ermitteln
- neben negativen Lärm- auch **positive Ruhewirkungen** zu quantifizieren, s.S. 291

Zusammenfassung: Formeln zur Berechnung des wirkungsgerechten Gesamtlärms
Der wirkungsgerechte Gesamtlärmpegel **L_{DEN}(GES)** wird wie folgt berechnet:

$$L_{DEN}(GES) = 10 \times \log\{10^{0,1 \times L_{DEN}(STR)} + 10^{0,1 \times [L_{DEN}(SCH) + dL_{DEN}(SCH)]} + 10^{0,1 \times [L_{DEN}(FLG) + dL_{DEN}(FLG)]}\} \quad (7.3)$$

mit folgenden Zuschlägen:

$$dL_{DEN}(SCH) = y = 0,000011926x^4 - 0,00370735x^3 + 0,42452312x^2 - 21,153704x + 379,438851 \quad (7.4)$$

$$dL_{DEN}(FLG) = y = 0,00022933x^3 - 0,05935713x^2 + 4,75770754x - 115,63484 \quad (7.5)$$

wobei:

- $dL_{DEN}(Y) = 0$, für $L_{DEN}(Y) < 45$ dB(A)
- $dL_{DEN}(SCH)$, $dL_{DEN}(FLG)$ = y-Polynome (7.4) u. (7.5), für $L_{DEN}(Y) \geq 45$ dB(A)

mit

- x = L_{DEN}(SCH) oder L_{DEN}(FLG), s. Abb. 64
- Y = SCH oder FLG

In HEplus erhalten *insgesamt* wirkungsgerechte **Zuschläge** $dL_{DEN}(Y) \neq 0$ dB:

- **21,1 %** der SCH-Rasterpunkte
- **6,3 %** der FLG-Rasterpunkte[535]

Weil Zuschläge nur für $L_{DEN}(Y) \geq 45$ dB(A) vergeben werden, gilt:

- Die pRG**35**(GES) hängen *nicht* von den Zuschlägen ab, da stets $dL_{DEN}(Y) > -8$ dB
- ⇨ Einfache und wirkungsgerechte Pegeladdition ergeben *dieselben* pRG**35**(GES)[536]

---

[535] Bei Fassadenpegeln (FAS) und Einwohnern (Belastete nach VBEB) fallen die Anteile mit Zuschlägen höher aus:

Nr.	Lärmart Y	Anteil mit Zuschlägen			Erhöhung der Anteile gegenüber RAS
		RAS	FAS	Einwohner	
1	SCH	21 %	34 %	41 %	1,6-mal bzw. 2,0-mal höher
2	FLG	6 %	14 %	20 %	2,3-mal bzw. 3,3-mal höher

Grund: Die meisten FAS-Pegel liegen im Siedlungsraum, der ca. 12 dB höhere Pegel als der Freiraum besitzt (s.S. 237), so dass dort öfter Zuschläge vergeben werden.

[536] D.h. es ist egal, ob man Glch. (7.1) (S. 289) oder Glch. (7.3) (s.o.) benutzt.
Begründung: Für die *hier* in dieser Arbeit nach Miedema & Oudshoorn (2001) berechneten Zuschläge gilt:
i) Wenn $L_{DEN}(Y) < 45$ dB(A), dann stets: dL(Y) = 0
ii) Wenn $L_{DEN}(Y) \geq 45$ dB(A), dann stets: dL(Y) > -8 dB, s. Abb. 64, S. 297
⇨ L_{DEN}(SCH) + dL(SCH) = 45 dB(A) - 8 dB(A) = 37 dB(A) > 35 dB(A)
Anmerkung 1: Bei den *hier* verwendeten Dosis-Wirkungs-Funktionen von Miedema & Oudshoorn (2001) ist es auch bei den pRG40 egal, ob man die Pegel einfach oder wirkungsgerecht addiert – Hauptsache, man addiert. Denn analog zu oben gilt immer: L_{DEN}(SCH) + dL(SCH) > 40 dB(A). Anmerkung 2: Die pRG45 sind dagegen *nicht generell* unabhängig von der Art der

7.3 Lärm- und Ruhekarten für GES

7.3.1 Vergleich der GES-Berechnungsmethoden für den Außenraum (RAS)

Abb. 65 zeigt, wie man aus den getrennt vorliegenden Einzelkarten für STR, SCH und FLG (s.a. Abb. 56a-c) mit Hilfe von Glch. (7.3) (S. 298) eine Karte des wirkungsgerechten Gesamtlärms (GES) für HEplus durch Pegeladdition mit wirkungsgerechten Zuschlägen – Glch. (7.4) und (7.5) – berechnet. Es sei noch einmal betont, dass die GES-Karte ausschließlich für die Wirkung **W = „starke Belästigung"** und die Dosis-Wirkungs-Funktionen von **Miedema & Oudshoorn (2001)** gilt – und letztere mangels besserer Erkenntnisquellen auch im Außenraum (RAS) genutzt werden (S. 291).

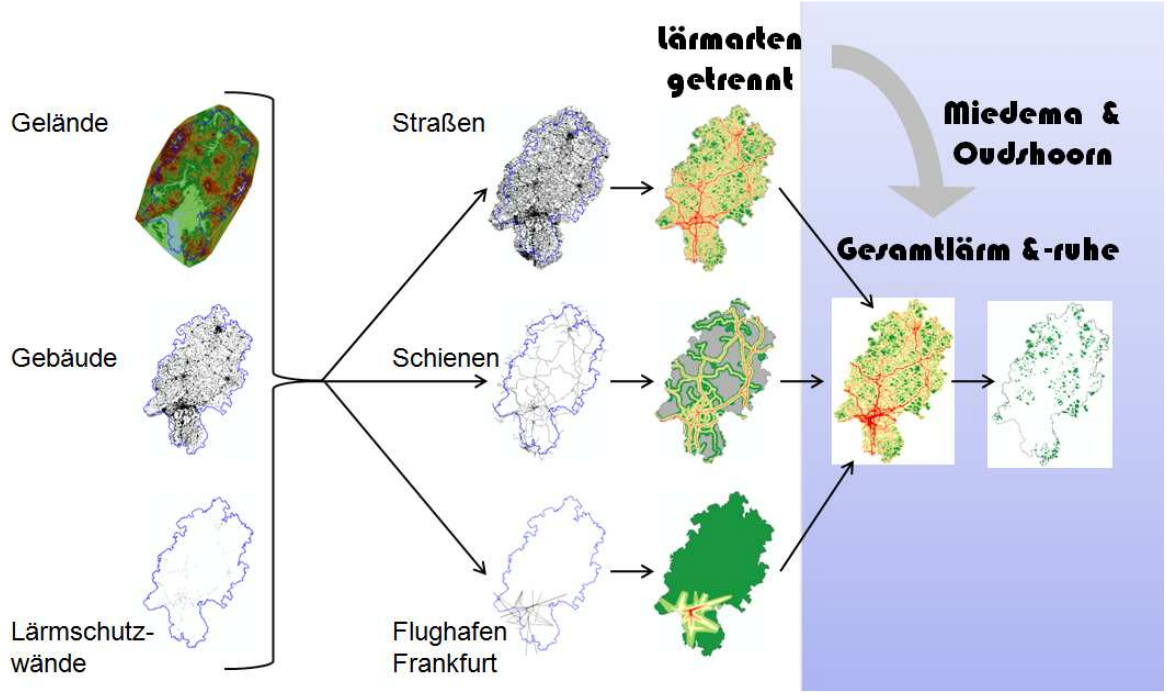


Abb. 65: HEplus: GES u. pRG35(GES) durch wirkungsgerechte Pegeladdition von STR, SCH u. FLG. Vgl. mit Abb. 54, S. 273 und Abb. 73, S. 330.

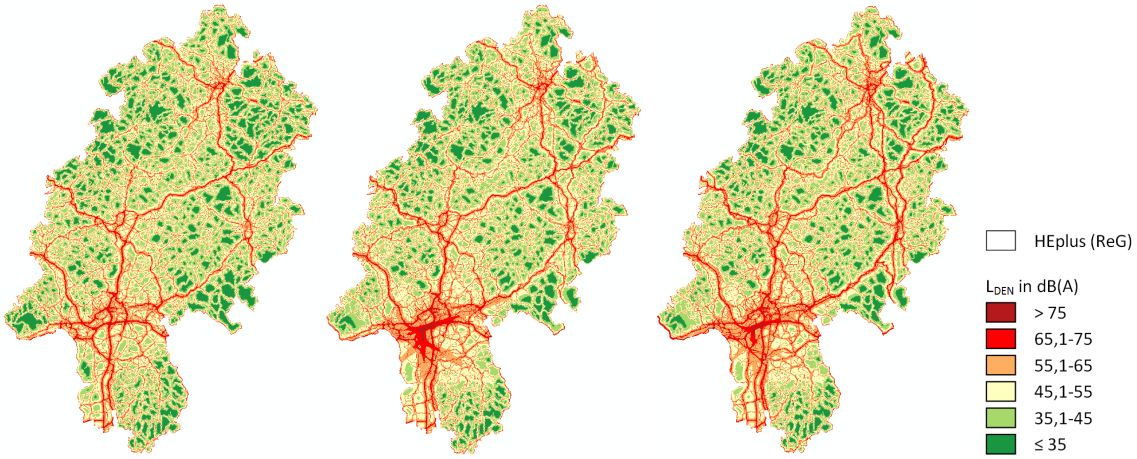
Die GES-Karte gestattet wieder zahlreiche Analysen analog zu Kap. 7.1.1-7.1.5 (S. 272 ff.). Die nachfolgenden Untersuchungen beschränken sich darauf, die GES-Pegel entsprechend Kap. 7.1.4 (S. 281) auszuwerten, also erst 430 gemeindebezogene L_{DEN}(GES)-Mittelwerte zu berechnen und daraus eine GES-Rangliste (Prioritäten) abzuleiten.
Abb. 66 (s. nächste Doppelseite) verdeutlicht das Vorgehen als 4-stufigen Weg (I-IV) von den Ausgangskarten (RAS-Pegel) zu den Ergebnissen (Rangliste) und präsentiert die jeweiligen Karten für GES und STR. Die zugehörigen Erläuterungen sind unterhalb der Karten zu finden.

Die pRGx werden später in Kap. 7.4 (S. 304) genauer untersucht.

Pegeladdition. Anmerkung 3: Bei anderen %HA-Funktionen können auch die pRG40 von den Zuschlägen abhängen, s.a. S. 117: Tab. 19, Nr. 15. Beispiel zu Anmerkung 3: Sei L_{DEN}(SCH) = 45 dB(A), dann betragen die Zuschläge:

a) nach Miedema & Oudshoorn (2001) = *hier* die Arbeit:	-1,7 dB	⇨ 43,3 dB(A)	⇨ pRG40: Nein
b) nach Nr. 1 bzw. Nr. 2 in Fußnote 537 (S. 302):	-6,3 bzw. -6 dB	⇨ 38,7 bzw. 39 dB(A)	⇨ pRG40: Ja/Ja

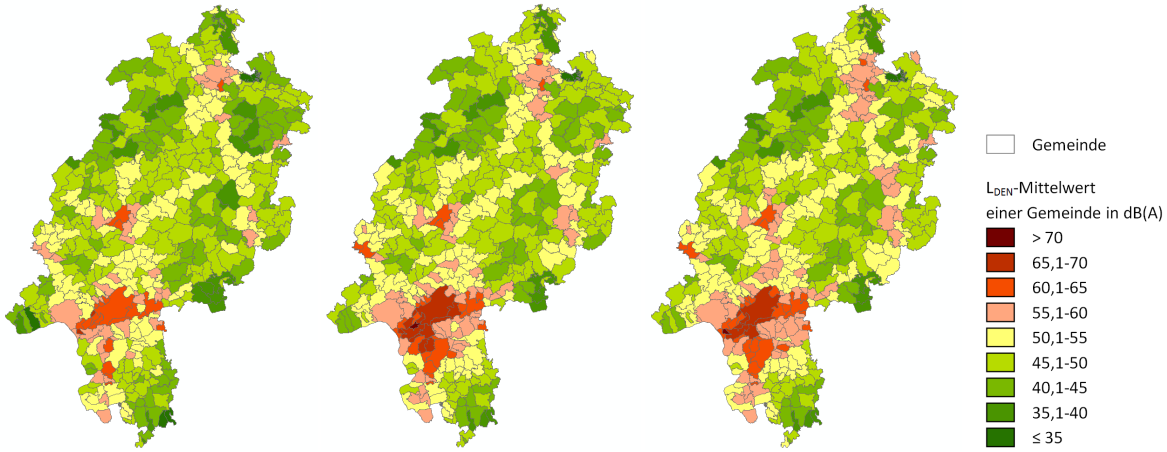
I) Lärm- und Ruhekarten:



Ia) STR *Ib) GES, wirkungsgerecht* *Ic) GES, einfach* *I) Legende*

Hinweis: Eine Vergrößerung der Hessenkarte Ib) befindet sich auf dem vorderen Deckblatt der Arbeit.

II) Karten mit den L_{DEN}-Mittelwerten pro Gemeinde:



IIa) STR *IIb) GES, wirkungsgerecht* *IIc) GES, einfach* *II) Legende*

Die Kartenserien I-IV zeigen:

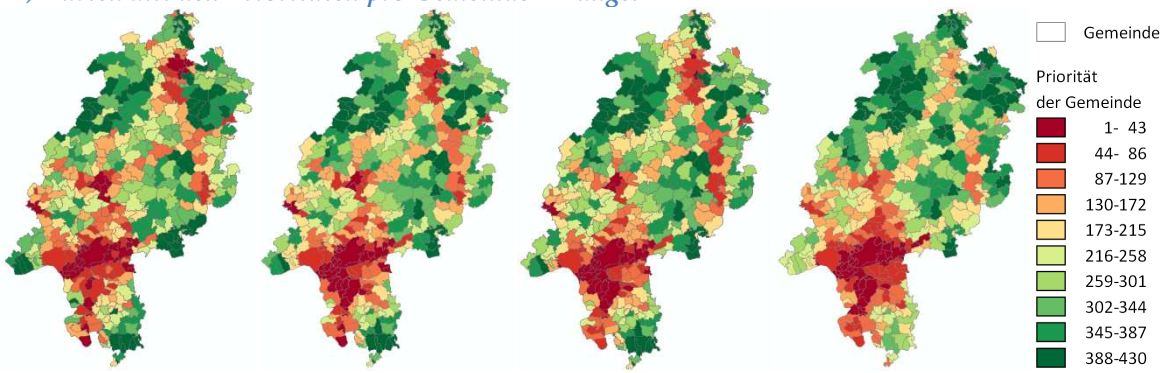
I) Lärm- und Ruhekarten:
   - a) STR, als Vergleich zu GES – Abb. 66Ia
   - b) GES, *wirkungsgerechte* Pegeladdition nach Glch. (7.3) (S. 298) – Abb. 66Ib
   - c) GES, *einfache* Pegeladdition nach Glch. (7.1) (S. 289) – Abb. 66Ic

II) Karten mit den L_{DEN}-Mittelwerten für alle 430 hessischen Gemeinden:
Berechnung durch *arithmetische* Addition aller Pegel, die in eine Gemeindefläche, aber nicht in Gebäude fallen (= OHNE extrapolierte Pegel), analog zu S. 284:
   - a) STR – Abb. 66IIa
   - b) GES, *wirkungsgerecht* – Abb. 66IIb
   - c) GES, *einfach* – Abb. 66IIc

III) Karten mit den Prioritäten pro Gemeinde – Ränge
   - a) STR – Abb. 66IIIa
   - b) GES, *wirkungsgerecht* – Abb. 66IIIb
   - c) GES, *einfach* – Abb. 66IIIc
   - d) Rangsumme gemäß Kap. 7.2.1 – Abb. 66IIId

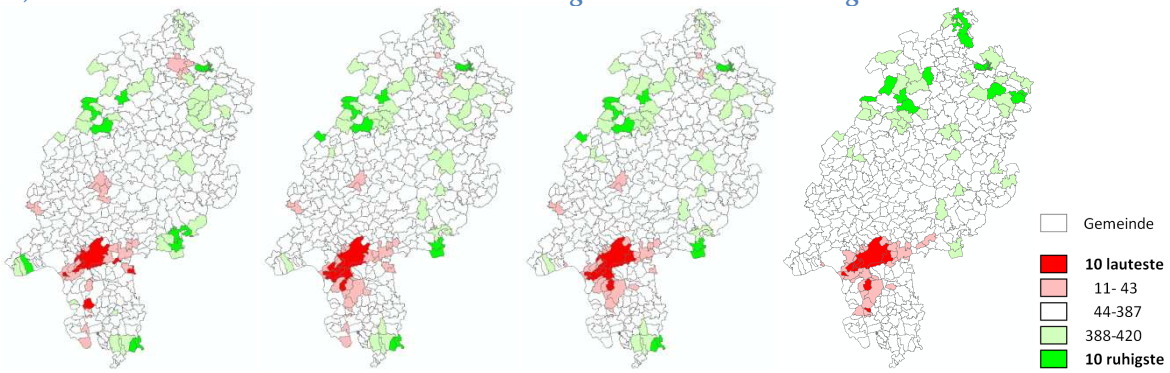
IV) Karten mit den **10 bzw. 43 lautesten und ruhigsten Gemeinden** – Ränge
   - o Reihenfolge der Karten: analog III)

III) Karten mit den Prioritäten pro Gemeinde – Ränge:



IIIa) STR *IIIb) GES, wirkungsgerecht* *IIIc) GES, einfach* *IIId) Rangsumme* *III) Legende*

IV) Karten mit den 10 bzw. 43 lautesten und ruhigsten Gemeinden – Ränge:



IVa) STR *IVb) GES, wirkungsgerecht* *IVc) GES, einfach* *IVd) Rangsumme* *IV) Legende*

Abb. 66: Mittelwerte und Ränge der 430 hessischen Gemeinden bzgl. STR, GES u. Rangsumme.

Aus den Karten lassen sich zweierlei Prioritäten ablesen:

- **Hotspots** = **Belastungs-Schwerpunkt** bzgl. Lärm
  = besonders laute und sanierungsbedürftige Bereiche/Gemeinden
  = Lärmbekämpfung i.S. der END angebracht
  = rote Flächen
- **Coldspots** = **Wohlfühl-Schwerpunkte** bzgl. Ruhe
  = besonders ruhige und damit schutzwürdige Bereiche/Gemeinden
  = Schutz Ruhiger Gebiete i.S. der END angebracht
  = grüne Flächen

Bei den Prioritäten ist zu beachten:

- Priorität 1 erhält in Abb. 66 die Gemeinde mit dem *größten* Mittelwert, also mit der *höchsten* Lärmbelastung im Außenraum (RAS) – s.S. 284

⇨ Für den Schutz Ruhiger Gebiete (pRGx) kehren sich die Priorität um (s.a. S. 370):
  - o Gemeinde mit Priorität 1 für den Schutz der Ruhe
  - = Gemeinde mit der geringsten Lärmbelastung
  - = Gemeinde mit dem kleinsten Mittelwert
  - = Priorität 430 in der Prioritätenliste zur Lärmbekämpfung

Die wichtigsten Einzel-Ergebnisse pro Kartenserie I-IV lauten:

I) GES sieht STR sehr ähnlich, wird aber **durch FLG deutlich modifiziert**.
Wertebereiche und Mittelwerte der RAS-Pegel für HEplus:
  - o STR: -12,4-100,9 dB(A), Mittelwert = 47,7 dB(A), s. Tab. 68, S. 279

- **GES:** -12,3-100,9 dB(A), Mittelwert = **49,1 dB(A)**
- Anstieg des Belastungsniveaus = **+1,4 dB**

In lauten Gemeinden höherer Anstieg als in den ruhigen (s.u., Tab. 72):

  - in den 10 lautesten: Mittelwert = + 6,8 dB, Maximalwert = +11,1 dB
  - in den 10 ruhigsten: Mittelwert = + 0,5 dB, Maximalwert = + 2,5 dB

II) STR und GES zeigen ähnliche Grundmuster (analog I), in GES treten naturgemäß höhere Mittelwerte auf, s.a. Abb. 59, S. 284

- **Einfache und wirkungsgerechte Pegeladdition** liefern auf *Gemeinde*ebene nahezu **identische** Ergebnisse

III) STR, GES (wirkungsgerecht und einfach) sowie Rangsumme weisen ähnliche Grundmuster auf, können sich aber im Detail dennoch merklich unterscheiden:

- **Verschiedene Methoden** zur Ermittlung des Gesamtlärms liefern auf *Gemeinde*ebene relativ **ähnliche Ergebnisse**:
  - mittlere Abweichung der Prioritäten: **weniger als ~15 Ränge**
  - ABER: starke Rangänderungen bei *einzelnen* Gemeinden
- Die Aussagen gelten auch für **andere Dosis-Wirkungs-Funktionen**[537]

Übereinstimmend erhält das **Rhein-Main-Gebiet** flächendeckend die höchsten Prioritäten (s. IV), jedoch existieren auch außerhalb markante Hotspots. Coldspots treten bevorzugt in Mittel- und Nordhessen sowie häufig an der Landesgrenze auf

IV) In allen 4 Karten liegen die 10 lautesten Hotspots im **Rhein-Main-Gebiet** und bilden in den 3 Gesamtlärmkarten (IVb-IVd) eine zusammenhängende Fläche

- Bei GES (wirkungsgerecht) sind sogar die **19 lautesten** Gemeinden alle im **Rhein-Main-Gebiet** zu finden und ergeben dort eine zusammenhängende Fläche („Hotspot"). Diese erweitert sich auf **32** Gemeinden, wenn man die 43 (10 %) lautesten betrachtet. Die 32 bieten sich als gemeinde*übergreifender* **Mindest-Ballungsraum** an (s.a. Jäschke, 2012)
- Die ruhigen Gemeinden („Coldspots") konzentrieren sich nicht auf eine Region, häufen sich aber in Nordhessen und an der Landesgrenze (wie III)

Die Einzel-Ergebnisse gestatten folgendes **Fazit** (s.a. S. 309):

- STR prägt aufgrund seiner Dominanz viele GES-Grundmuster vor, dennoch setzen **SCH und FLG lokale/regionale Schwerpunkte und Akzentverschiebungen**, die eine GES-Karte *nicht* überflüssig machen
- GES liefert realistische Belastungen und faire Hot- und Coldspots:
  - Ein großer gemeinde*übergreifender* **Ballungsraum Rhein-Main** bietet sich an
  - Kassel, Fulda, Limburg und Gießen/Wetzlar kommen ebenfalls als kleine gemeinde*übergreifende* Ballungsräume in Frage (s.S. 286)
- GES hängt – zumindest auf Gemeindeebene – nicht sonderlich stark von den konkret gewählten Dosis-Wirkungs-Funktionen ab

⇨ **Besser jetzt sofort** „irgendeine" der vielen Dosis-Wirkungs-Funktionen nutzen, kleine Unsicherheiten bei der (wirkungsgerechten) Pegeladdition in Kauf nehmen und **GES berechnen**, als noch lange auf die „richtige" Funktion warten und ohne

---

[537] Die Aussage ergibt sich mit Hilfe von 3 weiteren Gesamtlärmkarten, die folgende Zuschläge verwenden:

1) konstante Zuschläge von dL(SCH) = **-6,3 dB** und dL(FLG) = **+4,3 dB**, die sich durch Integration der Interpolationspolynome y in Abb. 64 (S. 297) ergeben und bei denen es sich folglich um die **mittleren Zuschläge** handelt
2) konstante Zuschläge von dL(SCH) = **-6 dB** und dL(FLG) = **+3 dB** gemäß ISO/FDIS 1996-1 (2003) – vergleichbar mit Nr. 1
3) variable Zuschläge gemäß den Dosis-Wirkungs-Funktionen des Genlyd-Modells (DELTA, 2007)

GES auskommen zu müssen. Der Informationsgewinn durch GES überwiegt die vermeintlichen Unsicherheiten oder Fehler (analog S. 309)

7.3.2 Gesamtlärm: Rangliste der 10 lautesten und 10 ruhigsten Gemeinden

Tab. 72 enthält für den wirkungsgerechten Gesamtlärm GES die jeweils 10 lautesten und 10 ruhigsten Gemeinden Hessens (vgl. mit Abb. 66IVb). Neben den GES-Pegeln und GES-Rängen sind auch die entsprechenden Größen für STR, SCH und FLG sowie für andere Methoden der Gesamtlärmermittlung aufgeführt.

Tab. 72: Hessen: Rangliste der 10 lautesten u. 10 ruhigsten Gemeinden für STR, SCH, FLG u. GES.

Legende: L_{DEN} = L_{DEN}(Y)-Mittelwert pro Gemeinde in dB(A); R = Rang = Priorität; farbig markiert = Gemeinden, die in den 3 Ranglisten zu STR, SCH u. FLG mehrfach unter den Rängen 1-10 vertreten sind, s. Tab. 71, S. 287; fett = vom Land Hessen nach END gemeldeter Ballungsraum (nur Frankfurt a.M.).

Spalte: 1 = *GES aufgrund* wirkungsgerechter *Pegeladdition nach Glch. (7.3) (S. 298)*
⇨ *Die Tabelle ist nach L_{DEN} in Spalte 1 absteigend sortiert*
2 = *Name der Gemeinde*
3, 4, 5 = *STR, SCH und FLG – Ranglisten für die 3 Lärmarten, s. Tab. 71, S. 287*
6 = *Rangsumme gemäß Kap. 7.2.1 (S. 289)*
7 = *Gesamtlärm aufgrund* einfacher *Pegeladdition nach Glch. (7.1) (S. 289)*
8 = *Priorität aufgrund der Gesamtfläche aller pRG35(GES) pro Gemeinde*

Anmerkung zu Spalte 8: pRG35(GES) folgt aus der Bedingung L_{DEN}(GES ≙ Spalte 1) ≤ 35 dB(A), s.S. 115. Die Gemeinde mit der größten pRG35-Gesamtfläche erhält Priorität 1. Die Prioritäten berücksichtigen nur den Schutz vorhandener *pRG35 – der Begriff „Schutz" sollte aber umfassender ausgelegt werden, s. Fußnote 35, S. 68 u. Kap. 9, S. 343. pRG35-Fläche = Teilfläche des pRG35, die in der Gemeinde liegt.*

1		2	3		4		5		6	7	8	
GES wirkungsgerecht		Gemeinde	STR		SCH		FLG		Rangsumme	GES einfach	pRG35 (GES)	
R	L_{DEN}		L_{DEN}	R	L_{DEN}	R	L_{DEN}	R	R	R	R	km²
1	71,8	Raunheim	64,2	4	52,3	19	63,9	1	3	2	430 bis 314	0,0
2	69,6	Bischofsheim	67,4	1	59,5	1	52,6	15	2	1		
3	69,2	Kelsterbach	64,9	3	56,3	5	58,6	4	1	3		
4	67,7	Neu-Isenburg	63,1	5	49,4	40	57,4	6	5	4		
5	67,4	Mörfelden-Walldorf	56,3	53	49,0	44	56,8	7	17	8		
6	67,1	Büttelborn	56,7	47	50,5	30	59,2	2	11	13		
7	66,7	Flörsheim a.M.	60,5	22	49,2	41	57,9	5	8	11		
8	66,7	Rüsselsheim	58,6	32	40,6	95	54,7	9	25	7		
9	66,4	Nauheim	55,8	60	48,8	49	58,9	3	20	16		
10	65,8	**Frankfurt a.M.**	62,9	8	52,1	23	47,8	27	7	5		
.....												
421	38,4	Wetter (Hessen)	37,6	421	3,7	241	-27,4	292	362	421	3	38,6
422	38,4	Dietzhölztal	38,4	415	-81,6	388 bis 430	-24,8	280	420	422	37	15,5
423	37,9	Flörsbachtal	37,9	419	-81,6		- 7,5	203	403	423	22	21,2
424	37,3	Frankenau	37,3	422	-81,6		-36,7	340	429	424	15	22,8
425	37,0	Battenberg (Eder)	36,8	425	-27,2	295	-32,0	314	395	426	12	25,6
426	37,0	Jossgrund	36,9	424	-81,6	388-...	- 7,9	206	406	427	14	23,3
427	36,8	Hesseneck	34,3	428	28,1	147	- 0,4	180	248	425	54	13,0
428	35,9	Bromskirchen	35,9	426	-81,6	388-...	-35,0	331	428	428	34	16,4
429	35,5	Sensbachtal	34,4	427	12,7	212	3,6	170	282	429	30	17,4
430	30,8	Gutsbezirk Kaufunger Wald	30,7	429	-39,1	309	-53,0	407	425	430	7	30,9

Tab. 72 und die zugehörige Gesamttabelle (s. Anhang, S. 370) liefern folgende Ergebnisse:

- 4 von 10 Gemeinden (farbig markiert) kommen in 2 oder mehr Lärmarten (STR, SCH und FLG) unter die ersten 10 Ränge (s.a. S. 287: Tab. 71)
- **99 (13) Gemeinden** mit L_{DEN}(GES)-Mittelwert **> 55 (65) dB(A)**; **Max. = 71,8 dB(A)**
- STR u. FLG beeinflussen die Ränge der **lautesten 10** Gemeinden in etwa gleich stark, weil diese Gemeinden alle unmittelbar um den **Flughafen** Frankfurt liegen und dort **STR *und* FLG „ubiquitär"** auftreten (s.S. 280)
- In den 10 lautesten Gemeinden existiert **kein einziges pRG35(GES)**[538]
- Insgesamt besitzen **117** Gemeinden (27 %) kein einziges pRG35(GES)
- Während FLG *flächen*haft ganze Gemeinden erfasst, verteilt sich SCH stärker *linien*förmig entlang der Schienenwege (s.a. S. 280):
    - **SCH** belastet oft die in der Nähe von Schienenwegen liegenden Teilflächen einer Gemeinde stark, hingegen die weiter entfernten (meist größeren) Flächen kaum – was den gemeindebezogenen RAS-Mittelwert stark nach unten ziehen kann. Demzufolge können zwischen den hier untersuchten **Außenraumpegeln** (RAS) und den **Fassadenpegeln** (FAS) erhebliche Abweichungen auftreten (s. Fußnote 535, S. 298 und Anhang, S. 370)
    - **FLG** hebt etliche Gemeinden, die um den Flughafen Frankfurt liegen und durch STR allein nicht zur Spitzengruppe der „Top 10" zählen, dort hinein:
        - Die GES-Prioritäten 5-9 belegen Gemeinden, die bei STR „nur" auf den Rängen 22-60 liegen. Bei FLG nehmen sie die Ränge 2-9 ein und steigen dadurch insgesamt (bei GES) nach oben auf
- Wenn man keine ranggenauen Ansprüche stellt, sondern **R als Orientierungshilfe** betrachtet, dann liefern die doch recht unterschiedlichen Methoden der Spalten 1, 6 und 7 auch numerisch ähnliche Ränge (optisch: s. Abb. 66)
- Die GES-Prioritäten für die 5 in Hessen amtlich gemeldeten Ballungsräume lauten:
    - für die 2 Ballungsräume der 1. Stufe 2007:
        - Frankfurt am Main: Rang 10
        - Wiesbaden: Rang 53
    - für die 3 zusätzlichen Ballungsräume der 2. Stufe 2012:
        - Kassel: Rang 34
        - Darmstadt: Rang 45
        - Offenbach: Rang 13
    - In zahlreichen Gemeinden „ballen" sich ähnlich große oder noch größere Lärmprobleme als in den 5 amtlichen Ballungsräumen
    - ⇨ Ballungsräume und NICHT-Ballungsräume sind **gleich zu behandeln**

Nach den Gesamtlärmbelastungen werden nun die pRGx betrachtet.

7.4 Gesamtlärm und pRGx

Wie sehen die pRGx aus, wenn man nicht nur eine, sondern alle 3 Lärmarten berücksichtigt? Von den vielen denkbaren Möglichkeiten, die pRGx zu bestimmen, werden anschließend 2 naheliegende Ansätze betrachtet:

1) pRGx, wenn STR, SCH u. FLG *gleichzeitig* je eine Bedingung erfüllen – Kap. 7.4.1
2) pRGx, wenn GES eine einzige Bedingung erfüllt – Kap. 7.4.2

[538] Genauer: Es existiert keine einzige 100 m² große Rasterzelle mit L_{DEN}(GES) ≤ 35 dB(A), da Rw = 10 m, s. Kap. 6.4, S. 235.

7.4.1 Dreifach-Bedingung für die Einzelpegel L_{DEN}(Y)

Abb. 56 (S. 275) stellt in 3 separaten Karten die pRG35 *getrennt* für Y = STR, SCH und FLG anhand der Bedingung L_{DEN}(Y) ≤ 35 dB(A) dar. Jede der 3 Karten zeigt, wo Ruhe bzgl. *nur* STR, *nur* SCH oder *nur* FLG herrscht. Offensichtlich erfüllen jene Orte (= RAS = IP), wo *gleichzeitig* Ruhe vor STR *und* SCH *und* FLG herrscht, die **Dreifach-Bedingung**

- L_{DEN}(STR) ≤ 35 dB(A) und *gleichzeitig*
- L_{DEN}(SCH) ≤ 35 dB(A) und *gleichzeitig*
- L_{DEN}(FLG) ≤ 35 dB(A)

Die Dreifach-Bedingung in allgemeiner Form lautet:

- Wenn L_{DEN}(Y) ≤ x dB(A) *gleichzeitig* für *alle* 3 Lärmarten gilt, dann liegt ein **pRGx(Dreifach)** der Qualität x vor

7.4.2 Bedingung für den Gesamtlärmpegel L_{DEN}(GES)

Die Bedingung für den Gesamtlärmpegel L_{DEN}(GES) lautet:

- Wenn L_{DEN}(GES) ≤ x dB(A) gilt, dann liegt ein **pRGx(GES)** der Qualität x vor

Um die pRG35 der verschiedenen Lärmarten Y unterscheiden zu können, wird die Lärmart in Klammern geschrieben: pRG35(GES), pRG35(STR) usw., s.S. 273.

Die nachfolgenden Analysen beschränken sich wieder auf x = 35, könnten aber aufgrund der verwendeten Akustik-Modelle (DTV0 etc.) genauso gut für beliebige x erfolgen (s. Kap. 2.4.3, S. 114.). Allgemein gelten folgende Zusammenhänge:

- Die pRG35(GES) hängen *generell* nicht von den %HA-Funktionen ab, die pRG40(GES) nicht von den *hier* gewählten %HA-Funktionen[539]

⇨ **Alle wirkungsgerechten Pegeladditionen liefern *dieselben* pRG35(GES)**

- Die pRG40(GES) hängen *im Allgemeinen* von den gewählten %HA-Funktionen und den damit verbundenen spezifischen Zuschlägen ab – Ausnahme: s.o.
- Die GES-Bedingung ist anspruchsvoller als die Dreifach-Bedingung[540]
  - ⇨ pRGx(GES) „ruhiger" als pRGx(Dreifach) und beide „ruhiger" als pRGx(Y)
  - ⇨ Für die Flächen gilt daher: pRGx(GES) ≤ pRGx(Dreifach) ≤ pRGx(Y)
- Das Kriterium L_{DEN}(GES) ≤ 35 dB(A) orientiert sich an der Dominanz von STR:
  - o Als Ausgangspunkt seien die pRG35(STR) gegeben, wie sie sich allein auf Grundlage von STR ergeben (s. Abb. 56a/d, S. 275)
  - o Wenn SCH und FLG hinzukommen, dann können die 2 zusätzlichen Teilpegel die vorhandenen pRG35(STR)-Flächen verkleinern, wenn einer von ihnen über 35 dB(A) oder beide über ca. 30 dB(A) – exakt: 32 dB(A) – liegen
  - o Die Bedingung **L_{DEN}(Y) ≤ 30 dB(A)** gilt in HEplus (s. Abb. 58) *gleichzeitig* für SCH *und* FLG bei **52 %** der Pegel
  - o Genauere Analysen zeigen, dass pRG35(GES) und pRG35(STR) flächenmäßig sogar zu **78 %** (statt 52 %) übereinstimmen, s. Tab. 73, S. 307[541]
- **x = *Mindest*qualität eines pRGx**, da x der Ungleichung L_{DEN} ≤ x dB(A) genügt

---

[539] Grund: s. Fußnote 536, S. 298.

[540] Beispiel: Gegeben sei L_{DEN}(Y) = 31 dBA) für Y = STR, SCH und FLG
⇨ pRG35(**Dreifach**) vorhanden, ABER: L_{DEN}(GES) = 35,8 dB(A) > 35 dBA) ⇨ *kein* pRG35(**GES**) vorhanden

[541] Daraus folgt jedoch *nicht*, dass bei 52 % der pRG35(STR) *gar keine* Pegeländerungen auftreten. Da die Qualität x über die Ungleichung L_{DEN}(Y) ≤ x dB(A) definiert ist, gehören zu einem pRG35(STR) i. Allg. auch Teilflächen mit L_{DEN}(STR) ≪ 35 dB(A), z.B. pRG20. Wenn auf einer solchen Teilfläche SCH und FLG mit je 30 dB(A) hinzukommen, dann gilt dort L_{DEN}(GES) = 33 dB(A) ≫ 20 dB(A), d.h. die ***Maximal*qualität** (= Minimalpegel) verschlechtert sich erheblich, die ***Mindest*qualität** gar nicht – sie beträgt immer noch x = 35, so dass weiterhin ein pRG35(GES) vorliegt.

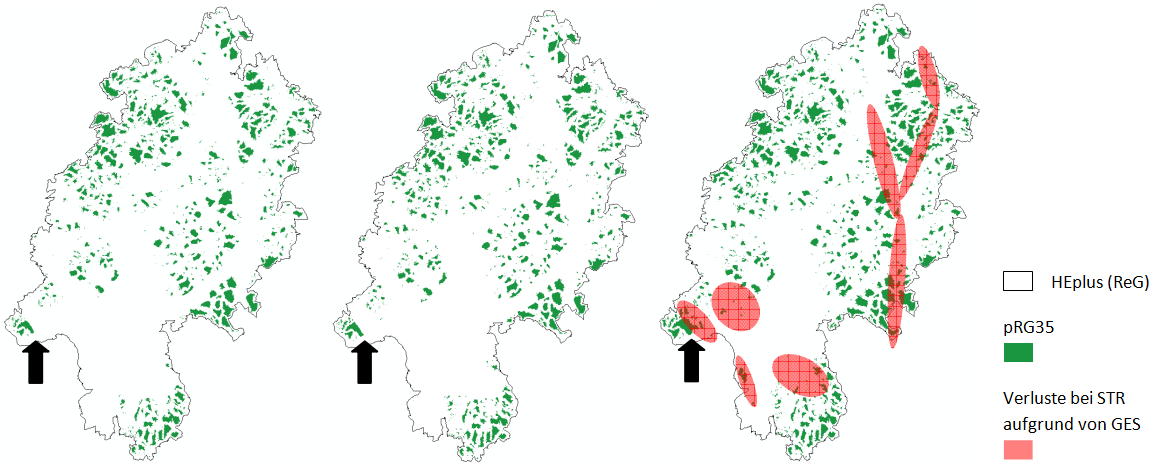
- Trotz gleicher Mindestqualität können sich die **Maximalqualitäten** (= Minimalpegel) der pRG35 markant unterscheiden (s. Fußnote 541 und S. 116: Tab. 18, Nr. 5)

Wie stark sich die pRG35 der beiden GES-Methoden untereinander und von den pRG35(STR) unterscheiden, ist Thema des nächsten Abschnitts.

7.4.3 pRG35-Karten im Vergleich: GES, Dreifach-Bedingung und STR

Abb. 67 vergleicht die Karten der pRG35 für

- GES – Abb. 67a
- Dreifach-Bedingung – Abb. 67b
- STR – Abb. 67c[542]



a) GES *b) Dreifach-Bedingung* *c) STR* *d) Legende*

Abb. 67: Vergleich der pRG35 für GES, Dreifach-Bedingung und STR.

Auf der hier dargestellten Maßstabsebene sind keine relevanten Unterschiede zwischen GES und Dreifach-Bedingung zu erkennen (vergleiche Abb. 67a mit b). Der direkte Vergleich dieser beiden **Karten der „Gesamtruhe"** mit der STR-Karte (s. Abb. 67c, insb. die rot markierten „Verluste") verdeutlicht nochmals die oben geschilderten Sachverhalte:

- Der durch SCH und FLG hinzukommende Lärm kann die von STR allein generierten pRG35-Muster nur lokal oder regional beeinträchtigen, s.a. Abb. 68, S. 308

SCH und FLG zerstören zwar in den rot markierten „Verlustflächen" die bei STR noch vorhandenen pRG35 vollständig, doch im restlichen und damit überwiegenden Teil von HEplus bleiben sie erhalten – von kleineren Variationen an den Rändern einmal abgesehen. Für die *linien*haften „Verluste" ist SCH verantwortlich. Sie treten entlang der Schienenwege auf, die von Norden auf Fulda zu- und von Fulda nach Würzburg durch Rhön und Spessart weglaufen. Es lässt sich zeigen, dass auch dann, wenn man dort alle Eisenbahntunnel – von denen keiner in HEplus enthalten ist, s.S. 152 – berücksichtigen würde, die Situation nahezu unverändert bliebe: SCH zerstört immer noch zahlreiche pRG35(STR), wenn auch insgesamt weniger. Auf das Konto von FLG gehen die 4 *flächen*haften Verluste in Südhessen (Rhein-Main-Gebiet) um den Flughafen Frankfurt herum.

---

[542] Herkunft der pRG35:

- GES: aus Abb. 66Ib, S. 301, s.a. Abb. 65, S. 299
- Dreifach-Bedingung: Anwendung der Dreifach-Bedingung auf die 3 Karten der Abb. 56d-f in ArcGIS
- STR: aus Abb. 56d, S. 275

Das **größte pRG35(STR)** wird besonders stark beeinträchtig (s. Pfeil[543]):

- bei STR: A = **63,8 km²**, Rang = 1
- bei GES: A = **28,0 km²**, Rang = 10, hauptverantwortlich: FLG[544]
- ⇨ Flächenverlust: 56 %, d.h. mehr als die halbe Fläche geht verloren

7.4.4 Summativer und lagegenauer Vergleich der pRG35

Wie sehr sich die pRG35(STR), pRG35(GES) und pRG35(Dreifach) unterscheiden, zeigen die anschließend durchgeführten summativen und lagegenauen Vergleiche.[545]

Summativer Vergleich

Tab. 73 listet für die 3 Kartiermethoden jeweils Anzahl und Gesamtfläche der pRG35 für 4 Flächenklassen auf.

Tab. 73: Anzahl und Gesamtfläche der pRG35 für STR, GES und Dreifach-Bedingung.

Nr.	Flächenklasse	Kenngröße	STR	GES	Dreifach
1	A > 0 km² ≙ alle pRG35	Anzahl insg.	14.925	11.002	11.868
2		Gesamtfläche A_{ges}	2.963,9 km²	2.311,9 km²	2.439,9 km²
3		Gesamtfläche i. Vgl. zu STR	100 %	78,0 %	82,3 %
4	A > 1 km²	Anzahl insg.	377	309	324
5		Gesamtfläche A_{ges}	2.750,9 km²	2.146,0 km²	2.261,2 km²
6		Gesamtfläche i. Vgl. zu STR	100 %	78,0 %	82,2 %
7	A = 1-10 km²	Anzahl insg.	296	243	255
8		Gesamtfläche A_{ges}	1.108,4 km²	901,3 km²	945,6 km²
9		Gesamtfläche i. Vgl. zu STR	100 %	81,3 %	85,3 %
10	A > 10 km²	Anzahl insg.	81	66	69
11		Gesamtfläche A_{ges}	1.642,5 km²	1.244,7 km²	1.315,6 km²
12		Gesamtfläche i. Vgl. zu STR	100 %	75,8 %	80,1 %

Die Hinzunahme der Schallquellen SCH und FLG beeinflusst die pRG35(STR) wie folgt:

- Anzahl bzw. Gesamtfläche **reduzieren sich** bei GES auf **73,7** bzw. **78,0 %**
- Alle Flächenklassen sind in etwa gleich stark von den Verlusten betroffen
- GES- und Dreifach-Bedingung stimmen gut überein (s.u.)
- *Flächen*anteile sinken: a) in HEplus: 12,9 % ➡ **10,0 %**. b) in Hessen: 12,2 % ➡ **9,5 %**[546]

Für STR lässt sich beispielhaft der Einfluss der Rasterweite ermitteln:

- Rw = 10 m: 14.925 pRG35 mit Gesamtfläche A_{ges} = 2.963,9 km² – Tab. 73, s.o.
- Rw = 25 m: 7.550 pRG35 mit Gesamtfläche A_{ges} = 2.964,1 km² – Tab. 50, S. 230
- ⇨ Etwa Halbierung der Anzahl bei gleichbleibender Gesamtfläche

Bei Rw = 10 m entstehen **viele pRG35-Kleinstflächen**, welche die Anzahl nach oben treiben, aber die Gesamtfläche nicht beeinflussen können. Auf den Nutzen der Kleinstflächen wurde bereits hingewiesen, s.S. 242.

---

543 Siehe auch Tab. 75, S. 310.

544 Durch **FLG** geht bei diesem pRG35(STR) etwa **5-mal mehr** Fläche verloren als durch SCH.

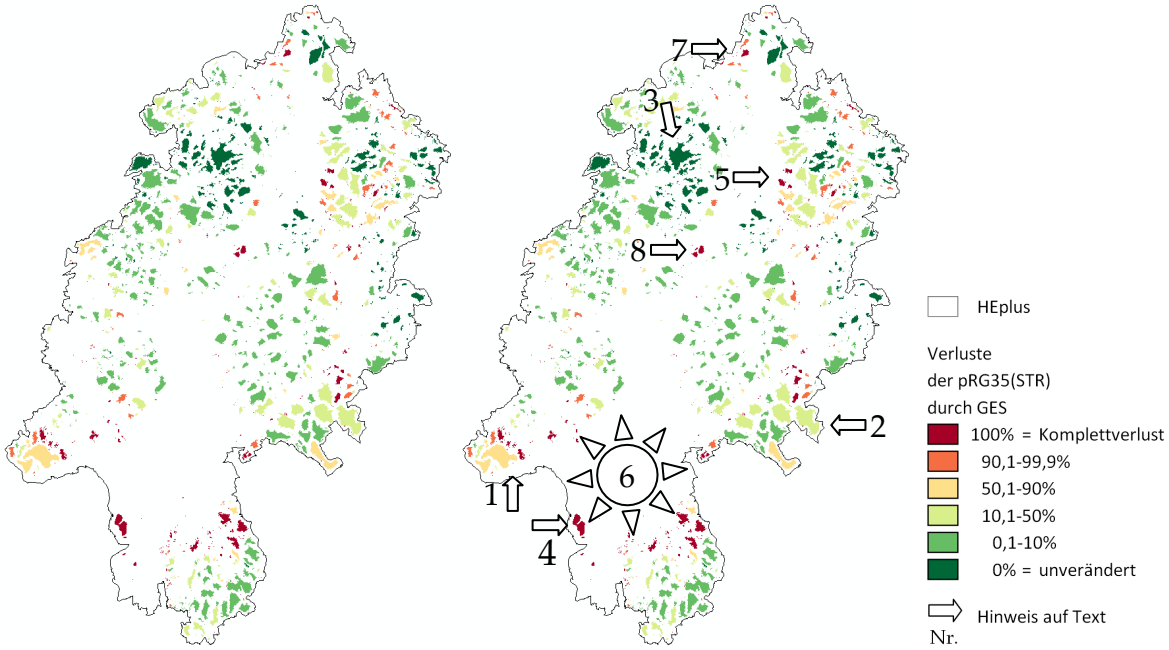
545 Zum summativen und lagegenauen Vergleich s.a. Kap. 6.3.4 und Kap. 6.6.7, S. 228 und 258.

546 In Tab. 73 gilt: Gesamtfläche A_{ges} = Summe aller Rasterzellen mit „echten" Pegeln (= *OHNE* extrapolierte Pegel), s.S. 276. Für die Berechnung der Flächenanteile wird A_{ges} daher nicht in Bezug zur gesamten HEplus-Fläche (= ReG = 23.415 km²) gesetzt, sondern nur zur HEplus-Fläche mit „echten" Pegeln (= *OHNE* extrapolierte Pegel = 23.043 km²), s.S. 276. Wenn stattdessen die gesamte HEplus-Fläche herangezogen wird, dann sinken die Anteile nur geringfügig, z.B. bei STR von 12,9 auf 12,7 %, s.S. 219. Analog: Bei Hessen sinkt der pRG35(STR)-Anteil von 12,2 auf 12,0 %, s.S. 219 und Tab. 50, S. 230.

- Faustformel: Statistische Angaben MIT und OHNE extrapolierte Pegel unterscheiden sich oft nur **0,2** *Prozentpunkte*

Lagegenauer Vergleich

Abb. 68 zeigt das Ausmaß des Flächenverlustes bei jedem einzelnen pRG35(STR) für den Übergang STR ➡ GES, verursacht durch die hinzukommenden Lärmarten SCH und FLG.



a) pRG35(STR)-Verluste *b) inkl. Beschriftung: s. Text* *c) Legende*

Abb. 68: pRG35-Flächenverluste durch SCH und FLG beim Übergang STR ➡ GES.

Statt der grob markierten Verlustzonen in Abb. 67 (S. 306) liefert Abb. 68 lagegenaue Aussagen für jedes *einzelne* pRG35(STR) und macht dadurch weitere Komplettverluste sichtbar (z.B. Pfeil 7 und 8).

Die zahlenmäßige Bilanz geht aus Tab. 74 hervor.

Tab. 74: pRG35-Flächenverluste durch SCH und FLG beim Übergang STR ➡ GES.

Legende: A_{ges} = Gesamtfläche der pRG35 pro Flächenklasse, s.a. Tab. 73, S. 307.

Klasse	Flächenverlust	Anzahl bei STR	A_{ges} bei STR	A_{ges} bei GES	mittlerer Verlust
1	100 %	5.466	189,2 km²	0,0 km²	100,0 %
2	90,1 bis 99,9 %	118	112,2 km²	6,2 km²	94,5 %
3	50,1 bis 90 %	345	257,4 km²	106,7 km²	58,5 %
4	10,1 bis 50 %	470	649,5 km²	474,9 km²	26,9 %
5	0,1 bis 10 %	540	1.275,4 km²	1.243,8 km²	2,5 %
6	0 %	7.986	480,3 km²	480,3 km²	0,0 %
1-6	Summe	14.925	2.963,9 km²	2.311,9 km²	22,0 %

Die **3 größten pRG35(*STR*)** – die einzigen mit **A > 50 km²** – ändern sich beim Übergang STR ➡ GES folgendermaßen (vgl. die Nr. hier mit der Pfeil-Nr. in Abb. 68):

- Rang 1 (Nr. 1): 63,8 km² ➡ 28,0 km², d.h. Verlust = 56 % – Rang 10
- Rang 2 (Nr. 2): 59,2 km² ➡ 35,9 km², d.h. Verlust = 39 % – Rang 7
- Rang 3 (Nr. 3): 52,9 km² ➡ 52,9 km², d.h. Verlust = 0 %, unverändert – Rang 1

Die Anzahl der pRG35 mit A > 50 km² sinkt von 3 bei STR auf 1 bei GES.

Für das **größte pRG35(*GES*) in HEplus und Hessen** gilt:**52,9 km²** – das bei GES noch einzige pRG35 mit A > 50 km²

- Fast identisch mit dem **Nationalpark Kellerwald-Edersee**, s. Tab. 75 u. Abb. 69
    - Das zweitgrößte pRG35(GES) folgt mit 44,3 km² in größerem Abstand

Die Flächenverluste der 2 betroffenen STR-„Spitzenreiter" haben folgende Ursachen:

- bei Nr. 1: SCH u. FLG sind im Verhältnis 1:5 verantwortlich, s. Fußnote 544, S. 307
- bei Nr. 2: SCH ist allein verantwortlich

Das **Rhein-Main-Gebiet** (Nr. 6 in Abb. 68b) lässt sich schon bei STR als **„pRG35-freie Zone"** bezeichnen – es könnte umgekehrt sogar durch diese definiert werden. SCH und FLG belasten die „Zonenränder" zusätzlich und noch dazu besonders stark:

- 12 der 26 in HEplus wegfallenden pRG35(STR) mit A > 1 km² liegen dort
- SCH u. FLG zerstören hier 91,1 km² an pRG35 (≙ 14,0 % der 652 km² in Hessen)
- Hier liegt auch das **größte komplett zerstörte pRG35(STR)** – Nr. 4 in Abb. 68b:
    - A = 22,5 km² bei STR
    - auf 50 % seiner Fläche liegen SCH und FLG gleichzeitig über 35 dB(A)
    - auf 50 % seiner Fläche liegt nur FLG über 35 dB(A)
    - siehe auch S. 312: „X" in Abb. 69a – und S. 310: letzter Eintrag in Tab. 75

⇨ Durch SCH und FLG breitet sich das bereits bei STR vorhandene „**Ruhevakuum"** im Rhein-Main-Gebiet weiter aus (Nr. 6 in Abb. 68b)

⇨ Die verbleibenden pRG35(GES) liegen weiter am Rand des Rhein-Main-Gebietes und sind für Ruhe suchende Menschen schlechter zu erreichen als die pRG35(STR)

Der lagegenaue Vergleich von STR, GES und Dreifach zeigt:

- GES und Dreifach stimmen untereinander viel besser überein als mit STR (s.o.)
- *Große* Diskrepanzen zwischen GES und Dreifach treten erst bei mittleren Flächen und folglich hohen Rängen auf, konkret: bei **A ≤ 6,7 km²** ≙ R ≥ 123[547]

Ob die Unterschiede als relevant einzustufen sind, hängt von vielen Faktoren ab: konkrete Aufgabenstellung, lokale Verhältnisse, Planungsebene, -ziel, -strategie usw.

Für die pRG35(GES) lässt sich als **Fazit** festhalten:

- **Besser** *jetzt sofort* die **kombinierte Wirkung verschiedener Lärmarten** *überhaupt* berücksichtigen, als lange über die am besten geeignete Dosis-Wirkungs-Funktion und die exakten Zuschläge diskutieren (analog S. 302)

7.4.5 Rangliste der pRG35(GES) mit A > 20 km² in Hessen

Der Abschnitt betrachtet die mit A > 20 km² größten pRG35(GES) in Hessen plus Außenbereich (HEplus). Sie sind in Tab. 75 nach Flächengröße und daraus resultierendem Rang R für 2 verschiedene Akustik-Modelle aufgelistet:

1. HEplus: GES umfasst STR, SCH u. FLG mit *realen* u. *pauschalen* Parameterwerten, ALK, DGM und LSW sind berücksichtigt,

---

[547] Beispiele (zur im Haupttext verwendeten Bezeichnung „mittlere Flächen": s. Fußnote 422, S. 231):

1) Die Fläche des größten pRG35(STR) sinkt von 63,8 km² auf:
    - GES: 28,0 km², Verlust = 56 %
    - Dreifach: 32,0 km², Verlust = 50 %
    - ⇨ Beide Methoden stimmen gut überein
2) Die erste *große* **quantitative** Diskrepanz tritt bei einem pRG35(STR) auf Rang 123 mit STR-Fläche = **6,7 km²** auf:
    - GES: 1,9 km², Verlust = 71 %
    - Dreifach: 5,7 km², Verlust = 15 %
3) Die erste *große* **qualitative** Diskrepanz tritt bei einem pRG35(STR) auf Rang 135 mit STR-Fläche = 6,1 km² auf:
    - GES: 0,0 km², Verlust = 100 % = Komplettverlust
    - Dreifach: 0,3 km², Verlust = 95 % = kleine Restfläche verbleibt statt Komplettverlust

Rw = 10 m ⇨ pRG35-Mindestfläche = 100 m²

2. D: GES umfasst *nur* STR u. SCH mit *pauschalen* Werten (s. Kap. 8.1, S. 327), ALK, DGM und LSW sind *nicht* berücksichtigt,
Rw = 100 m ⇨ pRG35-Mindestfläche = 10.000 m²

Tab. 75 wird durch folgende Karten ergänzt:

- Abb. 69a: Lage der in Tab. 75 aufgeführten pRG35(GES) im HEplus-Modell
  Es gilt: Nummer in der Karte ≙ Rang R in der 1. Tabellenspalte
- Abb. 69b: Nationalpark Kellerwald-Edersee und größtes pRG35(GES), R = 1
  Zum Vergleich: neben den pRG35 aus HEplus auch die pRG35 aus D
- Abb. 70: pRG35(GES) und BNatSchG-Schutzgebiete – S. 316
- Abb. 71: pRG35(GES) und BWaldG-Schutzgebiete – S. 317
- Abb. 72: pRG35(GES) und LRP-Flächen (Landschaftsrahmenpläne) – S. 320

Tab. 75 enthält für alle pRG35(GES) mit A > 20 km² folgende Angaben:

- **Fläche** des pRG35(GES) im HEplus-Modell – und seine **Fläche**$_D$ in Modell D
- **Rang R** bzw. **R**$_D$, abgeleitet aus der Bedingung R = 1 ≙ größte Fläche ***in Hessen***
- BNatSchG-Schutzgebiete, die das pRG35 ganz oder teilweise überschneiden
  - mit Art und Anzahl der Überschneidungen **Üsch** (s. Legende)
- gemeindefreie Flächen (= Wald), die das pRG35 überschneiden, s.S. 281
- **Lage** der pRG35(GES) in Bezug zur Landesgrenze von Hessen (s. Legende)

Tab. 75: Rangliste der pRG35(GES) mit A > 20 km² in Hessen.

Legende: a) Ränge: nach dem Kriterium Flächengröße vergeben: R = 1 ≙ größte Fläche usw.
R = Rang im HEplus-Modell, bezogen auf das Land Hessen
= „-“ = pRG in HEplus vorhanden, aber komplett außerhalb von Hessen liegend
= „×“ = pRG nicht in HEplus vorhanden, aber in Modell D (s. Kap. 8.1, S. 327)
R$_D$ = Rang in D, aber nur bzgl. der in Hessen liegenden pRG35(D), so dass R$_D$ mit R vergleichbar ist
b) BNatSchG-Schutzgebiete: BSR = Biosphärenreservat, NLP = Nationalpark, FFH = Flora-Fauna-Habitat, NSG = Naturschutzgebiet, NP = Naturpark, LSG = Landschaftsschutzgebiet, VSG = Vogelschutzgebiet
c) Üsch = Art der Überschneidung des pRG35(GES) mit den Schutzgebieten in b) – Üsch-Anzahl (×):
++ = pRG ist nahezu deckungsgleich mit einem Schutzgebiet – 1 ×
+ = pRG liegt vollständig in mehreren Schutzgebieten – 14 ×
- = pRG liegt teilweise außerhalb jeglicher Schutzgebiete – 2 ×
-- = pRG liegt (fast) vollständig außerhalb jeglicher Schutzgebiete – 4 ×
d) Lage = Lage des pRG35(GES) bzgl. Landesgrenze von Hessen (s. Abb. 69a, S. 312) – Anzahl (×):
He = zentral in Hessen = in größerer Entfernung zur Grenze – 6 ×
g-nahe = in Hessen, aber in unmittelbarer Nähe der Grenze – 6 ×
g-über = grenzüberschreitend = in Hessen und in anderem Bundesland liegend – 7 ×
a = vollständig außerhalb von Hessen – 2 ×

Modell – Lärmarten						
HEplus – GES = STR und SCH und FLG					D – STR u. SCH	
R	**BNatSchG-Schutzgebiete u. *gemeindefreie Flächen*, die sich mit pRG35(GES) überschneiden, s. Abb. 70**	**Üsch**	**Lage**	**Fläche**	**Fläche$_D$**	**R$_D$**
1	NLP Kellerwald-Edersee	++	He	52,9 km²	43,1 km²	4
2	NSG, LSG: *nur Bruchstücke*	--	He	44,3 km²	45,7 km²	6
3	VSG Hessisches Rothaargebirge, FFH-*Teile*	+	g-nahe	43,3 km²	34,7 km²	8
4	VSG Burgwald	+	He	39,7 km²	37,5 km²	7
5	NP Meißner-Kaufunger Wald, 2 × FFH-*Teile*; *gemeindefreie Fläche: Gutsbezirk Kaufunger Wald*	+	g-nahe	39,4 km²	30,4 km²	12
6	NP Diemelsee, NP Rothaargebirge: *kleine Teile*	-	g-über	37,4 km²	29,2 km²	13

-	NP Bayrische Rhön, NP Bayrischer Spessart	+	a	35,9 km²	53,4 km²	-
7	VSG Südlicher Odenwald, NP Bergstraße-Odenwald, NP Bayrischer Odenwald	+	g-über	33,2 km²	33,5 km²	10
-	NP Rothaargebirge	+	a	31,0 km²	27,2 km²	-
8	VSG Spessart, NP Hessischer Spessart, NP Bayrischer Spessart; *gemeindefreie Fläche: Gutsbezirk Spessart*	+	g-über	29,6 km²	64,3 km²	1
9	Truppenübungsplatz Wildflecken, NSG Haderwald, VSG Hessische Rhön, NP Hessische Rhön, BSR Rhön	+	g-über	29,4 km²	59,4 km²	2
10	FFH Wispertaunus, NP Rhein-Taunus	+	g-nahe	28,0 km²	57,3 km²	3
11	NP Hessischer Spessart, NP Bayrischer Spessart; *gemeindefreie Fläche: Gutsbezirk Spessart*	+	g-über	26,7 km²	64,3 km²	1
12	FFH Werra- und Wehretal, NP Meißner-Kaufunger Wald, NP Münden	+	g-über	25,6 km²	31,8 km²	11
13	NSG, FFH, LSG: *nur Bruchstücke*; *gemeindefreie Fläche: Gutsbezirk Rheinhardtswald*	--	g-nahe	23,3 km²	50,1 km²	5
14	NP Habichtswald: *große Teile*	+	He	23,3 km²	25,0 km²	15
15	FFH Lahnhänge, VSG Hessisches Rothaargebirge	+	He	23,1 km²	12,7 km²	19
16	FFH Weserhänge mit Bachläufen: *kleine Teile*; *gemeindefreie Fläche: Gutsbezirk Rheinhardtswald*	--	g-nahe	22,4 km²	21,8 km²	17
17	VSG Spessart, NP Hessischer Spessart, zahlreiche FFH und NSG; *gemeindefreie Fläche: Gutsbezirk Spessart*	+	g-nahe	22,0 km²	25,2 km²	14
18	NP Hessischer Spessart, NP Bayrischer Spessart	+	g-über	21,2 km²	23,8 km²	16
19	NSG, LSG: *nur Bruchstücke*	--	He	20,7 km²	17,6 km²	18
×	NSG u. FFH Kühkopf-Knoblochsaue, VSG Hessisches Ried mit Kühkopf-Knoblochsaue, NP Bergstraße-Odenwald	++	kein pRG35(GES) in HEplus, aber in D		34,2 km²	9

Für die großflächigen **pRG35(GES) mit A > 20 km²** bleibt festzuhalten:

- Von den 21 in HEplus liegen 19 ganz o. teilweise in Hessen, 2 komplett außerhalb
- Von den 21 in HEplus stimmen 16 vollständig mit einem oder mehreren BNatSchG-Schutzgebieten überein, 5 wenig bis gar nicht
- Von den 19 in Hessen befinden sich 6 im Landesinneren, 6 nahe der Landesgrenze und 7 sind grenzüberschreitend
- ⇨ Die Ergebnisse legen nahe, dass ein wirkungsvoller Schutz Ruhiger Gebiete eine Zusammenarbeit erfordert, die **Landes-, Verwaltungs- *und* Fachgrenzen überschreitet** (s.a. S. 336).

Die nächsten beiden Abschnitte vertiefen 2 Aspekte der Tab. 75.

Vergleich der Modelle HEplus und D bzgl. der pRG35(GES) mit A > 20 km² in Hessen

Der Vergleich erfolgt über die blauen und orangen Spalten der Tab. 75 und ergibt:

- Die HEplus- und D-Ranglisten enthalten – von 2 Ausnahmen abgesehen – dieselben pRG35 (A > 20 km²), allerdings in anderer Rangfolge
  - o <u>Ausnahme 1</u> = „X“ in Tab. 75 = Nr. 4 in Abb. 68, S. 308: Es ist der einzige Fall eines pRG35, das in D mit A = 34,2 km² > 20 km² und Rang 9 zu den größten Gebieten zählt und in HEplus nicht nur aus der Rangliste herausfällt (A ≤ 20 km²), sondern vollständig verschwindet (A = 0,0 km²). Grund: In HEplus zerstören SCH und FLG es zu 25 bzw. 75 % (s.S. 309), während D kein FLG enthält

- o <u>Ausnahme 2</u>: Die beiden pRG35, die in HEplus auf den Rängen 8 und 11 liegen und deren Gesamtfläche dort 56,3 km² beträgt, sind in D zu einem pRG35 mit A = 64,3 km² verschmolzen, das dort Rang 1 belegt

Selbst **einfache Modelle wie D** sind für **landesweite Screenings gut geeignet**, weil sie schnell und zuverlässig die meisten großflächigen pRG35 liefern. Die dabei auftretenden Fehler in Größe und Form der identifizierten pRGx sind auf Screening-Ebene irrelevant.

***Großflächige* Ruhige Gebiete** lassen sich daher **denkbar einfach kartieren**:

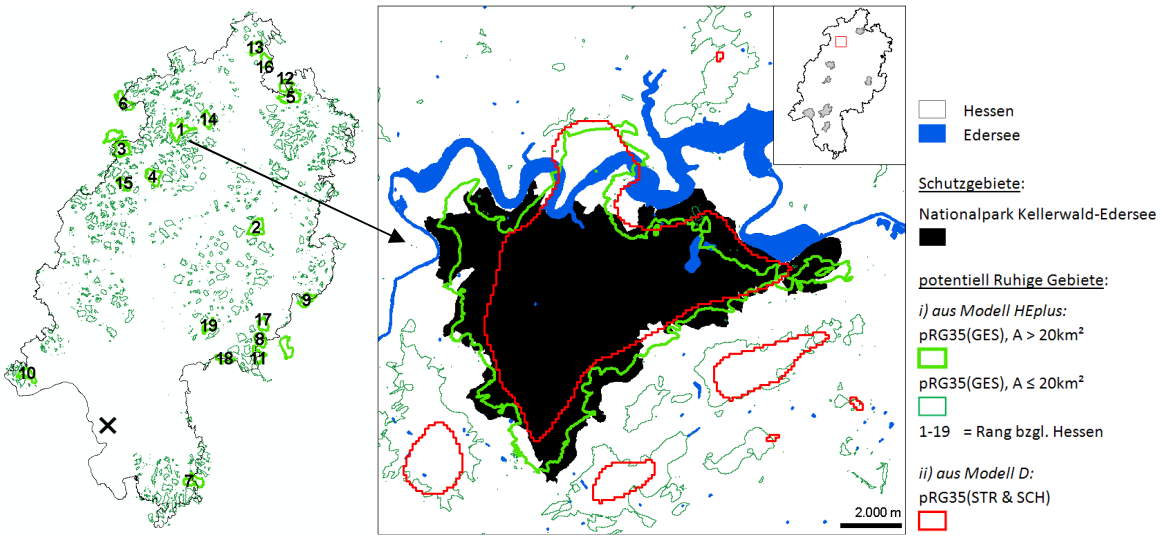
- benötigte Daten: Lage *aller* Schallquellen: STR, SCH, FLG und ggf. weitere
- *nicht* benötigt: weitere Geobasis- o. Fachdaten: DGM, ALK usw.

Die 1:1-Umsetzung der END hat in der Vergangenheit wohl vielerorts selbst diese einfachste aller Lösungen verhindert.

Vergleich des Nationalparks Kellerwald-Edersee mit Hessens größtem pRG35(GES)

Zum Vergleich enthält Abb. 69 zwei Karten:

a) Überblick: Lage der pRG35(GES) aus Tab. 75 und Landesgrenze von Hessen
b) Detail: Nationalpark Kellerwald-Edersee und Hessens größtes pRG35(GES), weitere pRG35(GES) der Modelle HEplus (= grün) und D (= rot)



a) pRG35(GES) aus HEplus *b) Nationalpark Kellerwald-Edersee* *c) Legende*

Abb. 69: Übersicht: pRG35 mit A > 20 km² in HEplus – Detail: Nationalpark Kellerwald-Edersee.
<u>Legende</u>: Nummer = Rang R in Tab. 75, siehe die dortigen Erläuterungen.

Das größte pRG35(GES) liegt komplett in Hessen und besitzt folgende Merkmale:

- **52,9 km²**, einziges pRG35(GES) > 50 km² in Hessen, s. Tab. 75: R = 1
- In **Lage und Form** dem **Nationalpark Kellerwald-Edersee (57,4 km²)** sehr ähnlich

Das *größte* pRG35(GES) in HEplus ist fast deckungsgleich mit dem *einzigen* hessischen Nationalpark, dem Nationalpark Kellerwald-Edersee.

Die Detailkarte (Abb. 69b) lässt erkennen, dass die pRG35(D) weniger Feinstrukturen aufweisen als die pRG35(HEplus), also kompakter und glatter sind. Das liegt an dem in D fehlendem DGM und ALK sowie der größeren Rasterweite Rw(D) = 100 m > 10 m = Rw(HEplus). Trotz aller Unterschiede stimmen die größeren pRG35 und insb. die beiden „Nationalpark-pRG“ gut überein. Nach den in Kap. 6.3 u. 6.4 (S. 219 u. 235) durchgeführten Modellvergleichen war das auch nicht anders zu erwarten (s.a. Abb. 75, S. 334).

7.5 Vergleich der pRG35(GES) mit Schutzgebieten

Flächen, die pRG35(GES)-Status besitzen *und räumlich* mit einem schon bestehenden Schutzgebiet zusammenfallen (sich überschneiden), zeichnen sich durch **2 hochwertige Qualitäten** – Ruhe *und* Schutzgebietsqualität – aus.[548] Wie häufig dieser Fall bei welchen Schutzgebieten auftritt, untersucht dieser Abschnitt unter folgenden Voraussetzungen:

- Schutzgebiet = rechtlich „irgendwie" geschützte Fläche (weit ausgelegter Begriff):
  - Analyse von 5 Schutzgebiets**typen**: Schutzgebiete nach BNatSchG und BWaldG, Wald, Flächen der Landschaftsrahmenpläne (LRP-Flächen) und Truppenübungsplätze (TrÜbPl)
- Untersuchungsgebiet = Hessen oder HEplus, je nach Datenverfügbarkeit
  - nur BNatSchG-Schutzgebiete und TrÜbPl liegen für HEplus vor
- Analysenmethoden = summative und lagegenaue (räumliche) Vergleiche
  - Aufwandsbedingt werden *keine* individuellen und *keine* inhaltlichen Vergleiche einzelner Schutzgebiete und Schutzgebiets-Verordnungen (soweit vorhanden) auf Aussagen zum Ruheschutz o.Ä. durchgeführt. Sie bleiben künftigen Arbeiten vorbehalten – Ausnahme: Abb. 79, S. 363

Der rechtliche Status eines bestimmten Schutzgebiets hängt vom Schutzgebiets**typ** (z.B. BNatSchG-Schutzgebiet ⇔ LRP-Fläche), der Schutzgebiets-**Kategorie** innerhalb des Typs (z.B. NP ⇔ LSG), den konkreten (landes)rechtlichen Rahmenbedingungen und der einzelfallbezogenen Vollzugspraxis ab. Beispielsweise steigt der Schutzstatus von LRP-Flächen – welche zunächst lediglich abwägungsrelevante Fachbeiträge sind – deutlich, sobald sie als Vorbehalts- oder gar Vorranggebiete in einen Regionalplan übernommen werden (s.S. 359: Tab. 92, Nr. 11).

Nur wenn ein pRGx mit einem Schutzgebiet 1) räumlich *und* 2) inhaltlich zusammenfällt *und* 3) noch dazu das Schutzgebiet einen hohen Schutzstatus besitzt, wäre durch den bestehenden Schutz auch das pRG35(GES) bereits geschützt – und die END-Pflicht zum Schutz Ruhiger Gebiete indirekt erfüllt. Die Ergebnisse dieses Abschnitts werden zeigen, dass von den 3 Bedingungen schon die erste – räumliche Übereinstimmung – vielfach nur unzureichend erfüllt ist (s.S. 322: Tab. 78, rote Felder in den letzten 3 Spalten).

7.5.1 Summativer Vergleich – Überblick

Einen ersten Überblick liefert der summative Vergleich in Tab. 76 (s. nächste Seite).

Die LRP-Flächen ließen sich nicht in den hessenweiten Vergleich aufnehmen, weil das Regierungspräsidium Darmstadt (RP-DA) keine LRP-Daten lieferte (RP-DA, 2008; s.a. Abb. 72, S. 318).

[548] Siehe insbesondere Kap. 7.5.6, S. 324, aber auch die Kap. 2.3, 2.4, 9.2.4 und 9.3, S. 87, 107, 356 und 361.

Tab. 76: Hessen: Summativer Vergleich der pRG35(GES) mit anderen Schutzgebieten.

Legende: Flächen i. Allg. in km² – bei sehr kleinen Größen abweichend in m² und kursiv hervorgehoben.
Q90 = Flächengröße, die 90 % der Gebiete unterschreiten.
Alle Zahlenwerte basieren auf GIS-Daten (s. Datengrundlage), nicht auf amtlichen Statistiken

BNatSchG-Schutzgebiete: BSR = Biosphärenreservat, NLP = Nationalpark, FFH = Flora-Fauna-Habitat, NSG = Naturschutzgebiet, NP = Naturpark, LSG = Landschaftsschutzgebiet, VSG = Vogelschutzgebiet

Datengrundlage: a) Schutzgebiete nach BNatSchG (hellgrün), Truppenübungsplätze (dunkelbraun) und Landesfläche Hessen (21.116 km²): BKG und HLBG, s.S. 143: Tab. 24, A5 – Stand 2006/2009
b) BWaldG-Schutzgebiete (dunkelgrün) u. Wald (dunkelbraun): Hessen-Forst (2009) – Stand 2009
c) LRP-Flächen (hellbraun): RP-GI (1998) und RP-KS (2000) – Stand 1998/2000
Das Regierungspräsidium Darmstadt (RP-DA) lieferte keine LRP-Flächen (RP-DA, 2008), weshalb keine hessenweite Auswertung möglich ist ⇨ Die Anteile in Nr. 16-18 beziehen sich auf die Gesamtfläche der Regierungsbezirke Kassel und Gießen (RP-KS und RP-GI).
d) pRG35(GES) (rote Farbtöne): eigene Berechnungen mit HEplus – Stand 2005-2009
***pRG35(GES)-Zahlen** sind für 3 Varianten (Index a-c) mit je 2 Flächenklassen (Zeile 14/15) angegeben:*
2 Flächenklassen: Zeile 14a-c: alle pRG35, d.h. inkl. der vielen 100-m²-Kleinstflächen
Zeile 15a-c: nur A > 1 km²
3 Varianten (= Indizes a-c zu Zeile 14 u. 15): a) HEplus: Anteil an HEplus gem. Fußnote 545, S. 307
b) Hessen, Clip: Bei grenzüberschreitenden pRG wird nur die in Hessen liegende Teilfläche gezählt.
⇨ Zerschneidung des pRG mit ArcGIS-Funktion „Clip" an Landesgrenze, s.a. Tab. 82, S. 335
c) Hessen, Centroid: Liegt der Mittelpunkt eines pRG in Hessen, dann zählt seine Gesamtfläche, d.h. inkl. der außerhalb Hessens liegenden Teilflächen – sonst zählt seine gesamte Fläche nicht
⇨ ArcGIS-Funktion „Centroid" – Vorgehen analog Tab. 77, S. 321

Nr.	Schutzgebiets-Kategorie	An-zahl	Fläche					
			Wertebereich Min.-Max.	Mittelwert	Standard-abwei-chung	Q90	Gesamt-fläche	Anteil Landes-fläche
Schutzgebiete nach BNatSchG								
1	BSR	1	Rhön	648,5 km²	-	-	648,5 km²	3,1 %
2	NLP	1	Kellerwald-Edersee	57,4 km²	-	-	57,4 km²	0,3 %
3	FFH	582	*25 m²*-244,8 km²	3,6 km²	13,4 km²	7,1 km²	2.111,7 km²	10,0 %
4	NSG	764	*17.390 m²*-23,7 km²	0,5 km²	1,3 km²	1,0 km²	385,0 km²	1,8 %
5	NP[549]	11	210,7 km²-1.861,1 km²	721,0 km²	510,4 km²	1.321,7 km²	7.930,5 km²	37,6 %
6	LSG	143	*2.081 m²*-411,8 km²	15,0 km²	42,6 km²	41,1 km²	2.152,0 km²	10,2 %
7	VSG	60	0,16 km²-636,4 km²	51,9 km²	106,3 km²	106,9 km²	3.112,0 km²	14,7 %
Schutzgebiete nach BWaldG								
8	Erholungswald	3.186	*1.552 m²*-46,5 km²	1,0 km²	2,7 km²	2,6 km²	3.314,7 km²	15,7 %
9	Wald mit **Lärm**schutzfunktion	621	*1.213 m²*-8,5 km²	0,5 km²	0,8 km²	1,1 km²	285,8 km²	1,4 %
10	Wald mit lokaler Immissionsschutzfunktion	379	*1.731 m²*-9,9 km²	0,4 km²	1,1 km²	1,0 km²	169,1 km²	0,8 %
11	Naturwaldreservat	39	*60.998 m²*-2,4 km²	0,5 km²	0,5 km²	0,9 km²	20,5 km²	0,1 %
Sonstige Flächen								
12a	Wald	10.551	*7 m²*-349,6 km²	0,8 km²	7,8 km²	0,5 km²	8.729,8 km²	41,3 %
12b	Truppenübungsplatz	2	17,6 km² u. 72,4 km²	45,0 km²	27,4 km²	-	90,0 km²	0,1 %
(potentiell) Ruhige Gebiete nach END								
13	amtlich festgelegte Ruhige Gebiete	-	*Das Land Hessen hat in seinen bisherigen Lärmaktionsplänen kein einziges Ruhiges Gebiet festgelegt (Stand: November 2012)*					
pRG35(GES) in *HEplus*								
14a	pRG35(GES), alle	11.002	*100 m²*-52,9 km²	0,21 km²	1,77 km²	0,032 km²	2.311,9 km²	10,0 %
15a	pRG35(GES), A > 1 km²	309	1 km²-52,9 km²	6,94 km²	8,00 km²	14,4 km²	2.146,0 km²	9,3 %
pRG35(GES) in *Hessen* – GIS: **Clip**								
14b	pRG35(GES), alle	10.359	*9 m²*-52,9 km²	0,19 km²	1,90 km²	0,028 km²	1.963,8 km²	9,3 %

[549] GIS Daten um 1 NP ergänzt. Grund: In den Original-Daten (Stand: 2006) fehlt der erst 2007 festgesetzte Naturpark Lahn-Dill-Bergland. Er wird als einzige aktuelle Ausnahme in dieser Tabelle zusätzlich zu den GIS-Daten berücksichtigt.

15b	pRG35(GES), A > 1 km²	290	1 km²-52,9 km²	6,3 km²	7,0 km²	12,8 km²	1.813,6 km²	8,6 %
pRG35(GES) in *Hessen* – GIS: **Centroid**								
14c	pRG35(GES), alle	10.301	*100 m²*-52,9 km²	0,19 km²	1,65 km²	0,026 km²	1.973,9 km²	9,3 %
15c	pRG35(GES), A > 1 km²	277	1 km²-52,9 km²	6,6 km²	7,6 km²	13,1 km²	1.827,2 km²	8,7 %
LRP-Flächen in den Regierungsbezirken Kassel (KS) und Gießen (GI)								
16	KS: Freizeit und Erholung	36	7,2 km²-581,4 km²	124,0 km²	124,5 km²	245,5 km²	4.463,2 km²	KS: 53,8 %
17	GI: hoher Erlebniswert	17	10,6 km²-2.958,0 km²	174,0 km²	155,5 km²	321,8 km²	2.958,0 km²	GI: 55,0 %
18	GI: besonderer Ruheraum	25	10,2 km²-54,9 km²	24,3 km²	9,9 km²	32,0 km²	608,0 km²	GI: 11,3 %

Die wichtigsten Ergebnisse lauten:

- für die Anzahl der Schutzgebiete:
  - pRG35(GES):
    - besitzt *zweit*größte Anzahl, ABER: > 6.000 Kleinstflächen (100 m²)
    - nur vergleichbar und fast identisch mit Wald (102 %) – danach: Erholungswald (31 %) und NSG (7%) mit deutlich weniger Gebieten
- für die Flächen A der Schutzgebiete:
  - BSR, NLP, NP, TrÜbPl und „hoher Erlebniswert“: keine Kleinstflächen mit A ≪ 1 km², dafür z.T. Großgebiete bis A ~ 1.000 km²
  - restliche Kategorien: großer Wertebereich von A = *einige m²* bis 100 km²
  - NSG, Erholungswald, „besonderer Ruheraum“, TrÜbPl und pRG35(GES) sind bzgl. der max. Fläche einzelner Gebiete vergleichbar: **A_{Max} ~ 20-50 km²**
  - RP-GI: **„besondere Ruheräume“** und pRG35(GES) stimmen gut überein:
    - 25 „besondere Ruheräume“ mit A = 10,2-54,9 km²
    - 15 bzw. 31 pRG35(GES) mit A > 10 km² bzw. A > 5 km²
- für den Anteil der Schutzgebiete an der Landesfläche (letzte Spalte):
  - FFH, LSG, VSG, Erholungswald, „besonderer Ruheraum“ u. pRG35(GES):
    - jeweils: Anteil **= ca. 10 % ≙ ca. 2.000 km² Gesamtfläche** in Hessen
  - Die restlichen Kategorien sind nicht vergleichbar, da deren Anteile entweder weit höher (37,6-55,0 %) oder niedriger ausfallen (0,1-3,1 %)
  - **ca. 50 %** der Flächen des RP-KS und RP-GI besitzen lt. LRP einen hohen Freizeit-, Erholungs- oder Erlebniswert
- **11,0 %** (1,3 %) der pRG35(GES)-**Fläche** (Anzahl) ist **grenzüberschreitend**[550]

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten:

- Eine einfache Addition aller Schutzgebietsflächen (vorletzte Spalte) verbietet sich, weil die Gebiete sich z.T. erheblich u. z.T. mehrfach überschneiden (s.a. Abb. 69 ff.)
- Bei LSG und NP spielt **Erholung** – und damit ggf. auch **Ruhe** – bereits von Gesetzes wegen eine Rolle, jedoch eine sehr unterschiedliche (§§ 26-27 BNatSchG):
  - LSG *können* zur Erholung, *aber auch* aus **2 anderen** Gründen ausgewiesen werden (§ 26 BNatSchG) – die GIS-Daten enthalten *keine* Angaben darüber
  - NP *müssen* zur Erholung geeignet sein *und* 5 weitere Eigenschaften kumulativ besitzen (§ 27 BNatSchG)

Ob und wie gut die pRG35(GES) mit den einzelnen Schutzgebiets-Kategorien übereinstimmen, können nur lagegenaue Vergleiche beantworten, die daher Gegenstand der nächsten 4 Abschnitte sind und folgende Aspekte umfassen:

- visueller Vergleich auf Basis 3er Karten, die alle pRG35(GES) u. alle Schutzgebiete getrennt nach BNatSchG, BWaldG und LRP zeigen – Kap. 7.5.2-7.5.4, Abb. 70-72
- numerischer Vergleich auf Basis von GIS-Analysen – Kap. 7.5.5, Tab. 77-77

[550] Die Zahlen gelten für GES u. 10-m-Raster – zum Vergleich (s. Fußnote 421, S. 231): STR u. 25-m-Raster: 12,4 % (2,2 %).

7.5.2 Lagegenauer Vergleich der pRG35(GES) mit BNatSchG-Schutzgebieten

Abb. 70 zeigt alle pRG35(GES), BNatSchG-Schutzgebiete und Truppenübungsplätze, die in und um Hessen liegen, s.a. Abb. 75, S. 334. Farbwahl und Darstellungspriorität[551] der BNatSchG-Schutzgebiete richten sich nach GDI (2007), lediglich der Nationalpark Kellerwald-Edersee besitzt eine stark abweichende Farbe (schwarz), weil er in der Diskussion eine besondere Rolle spielt und so besser zur Geltung kommt.

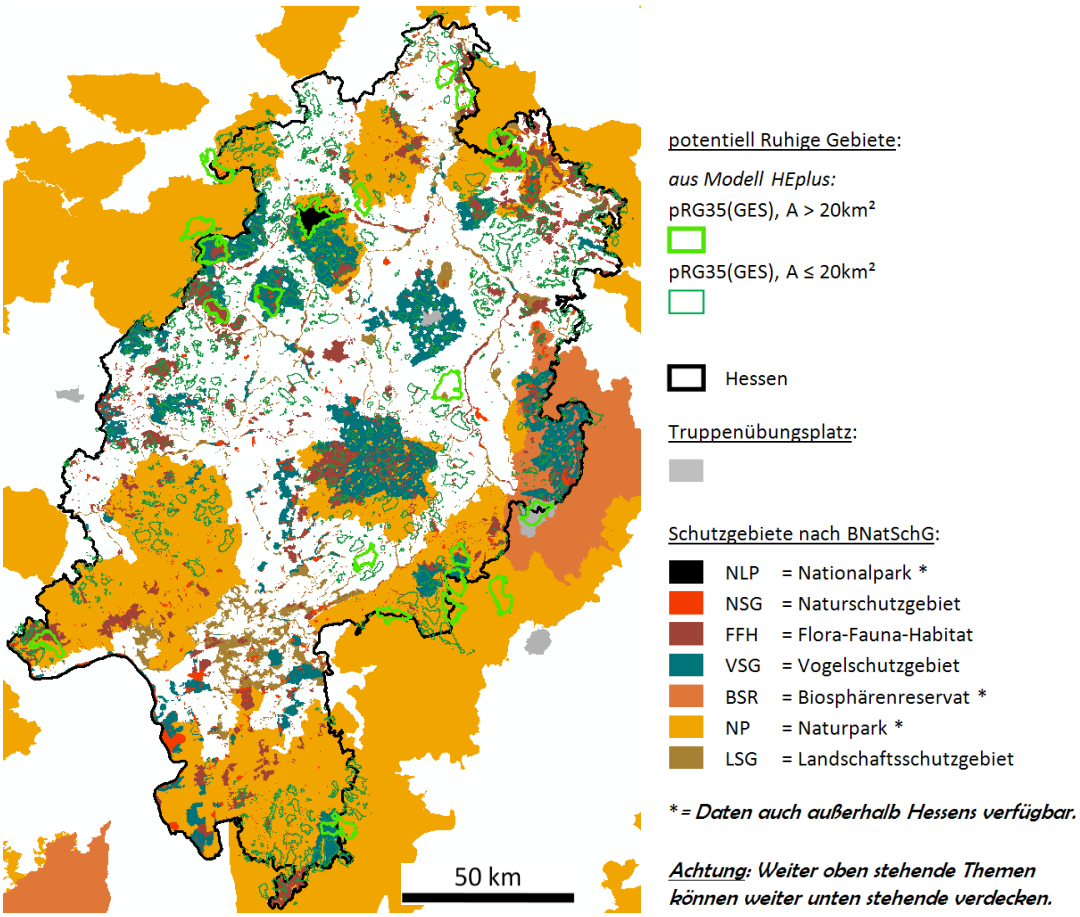


Abb. 70: HEplus: pRG35(GES) ⇔ BNatSchG-Schutzgebiete und Truppenübungsplätze.
Die Darstellungspriorität der Flächen folgt der Legende und sinkt von oben nach unten (s. Fußnote 551).

Die Abbildung verdeutlicht:

- Der NLP Kellerwald-Edersee ist fast komplett auch ein pRG35(GES), s.a. Abb. 69b
- In NP befinden sich viele kleine pRG35(GES) als isolierte Flecke („patches“)
  - ABER: NP bedeckt mit 37,6 % große Teile der Landesfläche, s. Tab. 76
- Außerhalb jeglicher Schutzgebiete liegen: *wenige* größere (> 20 km²) pRG
  viele mittlere/kleine (≤ 20 km²) pRG

[551] Ein und dieselbe Fläche kann mehreren Schutzgebiets-Kategorien gleichzeitig zugeordnet sein: Als NSG kann sie z.B. Teil eines BSR sein, welches wiederum Teil eines größeren NP ist. Werden, wie in Abb. 70, die Schutzgebiete zeichnerisch als Flächen (und nicht als Umrisse) dargestellt, so regelt die **Darstellungspriorität**, welche Fläche sichtbar ist, wenn mehrere Flächen am selben Ort übereinander liegen. Sie wird i. Allg. so gewählt, dass die Sichtbarkeit mit der Bedeutung der Fläche bzw. des Schutzgebietes zunimmt. In Abb. 70 stimmt die Bedeutung und damit auch die Darstellungspriorität mit der Rangfolge in der Legende überein: oberster Eintrag = pRG35(GES) = Schwerpunktthema der vorliegenden Arbeit = höchste Priorität = immer sichtbar, …, unterster Eintrag = LSG = niedrigste Priorität = nur sichtbar, wenn dort keine der anderen Flächen vorhanden ist. Die Darstellungspriorität der Schutzgebiete stimmt mit GDI (2007) überein – bis auf eine Ausnahme: Der Nationalpark Kellerwald-Edersee erhält die höchste Priorität aller BNatSchG-Schutzgebiete, weil er mit dem größten pRG35(GES) zusammenfällt.

- Die pRG35(GES) sind weder eine Teilmenge der BNatSchG-Schutzgebiete noch umgekehrt. ABER: Es gibt mehr oder minder große Schnittmengen
- Keine generelle Übereinstimmung der pRG35(GES) mit *einer* BNatSchG-Kategorie

Für die bereits in Kap. 7.4.5 (S. 309) behandelten ***großen*** pRG35(GES) mit A > 20 km² gilt:

- **ca. 75 %** der *großen* pRG35 stimmen mit BNatSchG-Schutzgebieten überein[552]
- ABER: Die 75 % stimmen *nicht* mit *derselben* Schutzgebiets-Kategorie überein

⇨ **BNatSchG-Schutzgebiete** und **Ruhige Gebiete** – hier: pRG35(GES) – sind grundsätzlich **verschieden** und **nicht austauschbar**. Sie erfüllen verschiedene Funktionen, die aber manchmal räumlich zusammenfallen

7.5.3 Lagegenauer Vergleich der pRG35(GES) mit Wald und BWaldG-Schutzgebieten

Abb. 71 vergleicht die pRG35(GES) mit Wald und jenen 4 Schutzgebiets-Kategorien des BWaldG, die Bezugspunkte zu Lärm, Ruhe oder Erholung aufweisen.

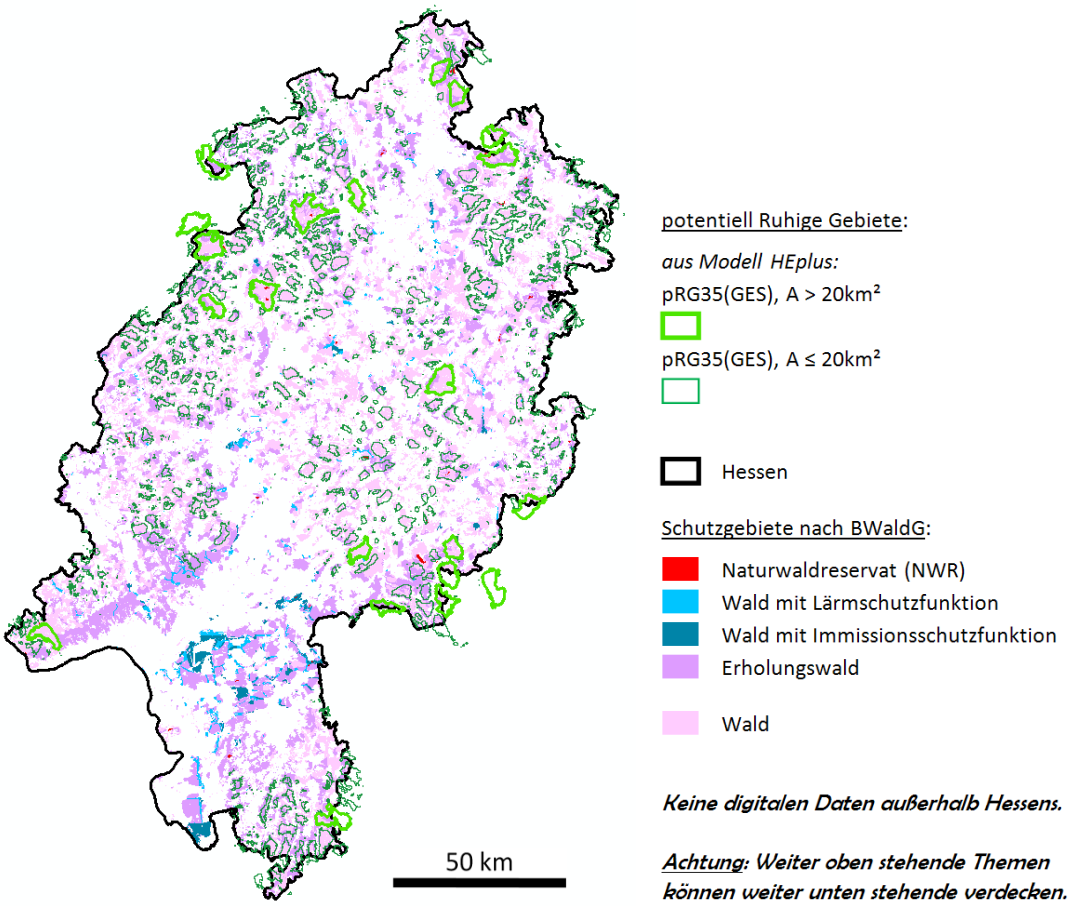


Abb. 71: Hessen: pRG35(GES) ⇔ Wald und BWaldG-Schutzgebiete.
Die Darstellungspriorität der Flächen folgt der Legende und sinkt von oben nach unten (s. Fußnote 551).

---

[552] Herleitung für Hessen (bzw. in den letzten beiden Klammern die Werte für HEplus):

- vollständige Übereinstimmung (++, + in Tab. 75, S. 310): 14 von 19 (16 von 21) ≙ 73,6 % (76,2 %) = ca. 75 %
- wenig oder keine Übereinstimmung (--, - in Tab. 75, S. 310): 5 von 19 (5 von 21) ≙ 26,3 % (23,8 %)

Die „ca. 75 %" gelten nur für die *Anzahl* (nicht die Fläche) der *großen* (A > 20 km²) pRG, die mit *irgendeinem* BNatSchG-Schutzgebiet übereinstimmen. Dagegen liefert Tab. 78 (S. 322) den Anteil der *Fläche aller* pRG (A beliebig), die mit *genau einer* BNatSchG-Schutzgebiets-Kategorie übereinstimmen ⇨ dortige Prozentangaben: 0,7-44,2 % ≪ 75 %.

Die Abbildung vermittelt folgendes Bild:

- NWR[553] als hochwertigste Kategorie beschränkt sich auf winzige Flecke:
  - **0,1 %** der hess. Landesfläche (~0,2 % der Waldfläche, s. Fußnote 567, S. 323)
  - Die **größte** NWR-Einzelfläche umfasst nur **2,4 km²**, ist kein pRG35(GES) und lediglich zu 42 % pRG45[554]
- Erholungswald besitzt eine vergleichbare Gesamtfläche wie die pRG35(GES). ABER: Er konzentriert sich auf das Rhein-Main-Gebiet („Ruhevakuum", S. 309) und um Siedlungsbereiche – also genau dort, wo es keine pRG35(GES) gibt
  - Grund: Siedlungsnähe und gute Erreichbarkeit sind Kriterien für Erholungswald (Hessen-Forst, 2009)
- Ein Großteil der pRG35(GES) ist Wald – ABER: *nicht* Erholungswald
  - DENNOCH: pRG35(GES) und Wald sind nicht dasselbe:
  - **83 %** der pRG35 sind Wald – ABER: nur **19 %** des Waldes sind pRG35[555]

⇨ **BWaldG-Schutzgebiete und Ruhige Gebiete** – hier: pRG35(GES) – sind grundsätzlich **verschieden** und **nicht austauschbar**. Sie erfüllen verschiedene Funktionen, auch wenn 83 % der pRG35(GES) im Wald liegen

7.5.4 Lagegenauer Vergleich der pRG35(GES) mit LRP-Flächen

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Karten (Abb. 72a/c) erst einige Vorbemerkungen: Es wurde bereits erwähnt, dass das Regierungspräsidium Darmstadt (RP-DA, 2008) keine digitalen Daten des Landschaftsrahmenplanes (LRP)[556] bereitgestellt hat und daher keine hessenweite Darstellung und Auswertung möglich ist.

Besonders bemerkenswert ist der LRP des RP Gießen (RP-GI), weil darin[557]

- „Räume zur Sicherung für die stille Erholung (besondere Ruheräume)"

ausgewiesen sind – und das **bereits 1998**. Ihre Herleitung wird wie folgt beschrieben:[558]

- „Auf der Grundlage der Verkehrsmengenkarte ... 1995 ... wurden Autobahnen, Bundesstraßen und Landesstraßen berücksichtigt, die überwiegend eine Verkehrsmenge von über 1.000 Fahrzeugen/Tag aufweisen."

Obwohl weitere Angaben fehlen, ist nach den vorliegenden GIS-Daten davon auszugehen, dass man nicht nur um obige Straßen, sondern auch um alle Siedlungen Lärmkorridore einer einseitigen Breite von ca. 250 m gelegt hat – analog zu Kap. 6.3.3 (S. 225). Schienenwege blieben wohl unberücksichtigt.[559]

Der LRP[560] führt unter dem Punkt „Lärm" folgende „Erfordernisse und Maßnahmen" auf:

- „Erhaltung lärmarmer Gebiete über 20 km²"
  - 17 existieren davon im RP-GI, s. Tab. 77, Nr. 10
  - 3 pRG35(GES) über 20 km² existieren, s. Tab. 77, Nr. 7
- „Berücksichtigung des Lärmschutzes bei der Landschaftsgestaltung"

---

[553] Idee der NWR: Auf diesen Waldflächen soll auf menschliche Eingriffe weitgehend verzichtet werden, in der Hoffnung, die natürliche Entwicklung möge langfristig wieder zu einer Art „Urwald" führen (s.u.). Dann wäre auch mit entsprechend „natürlichen" Soundscapes zu rechnen (s. Kap. 2.3.6, S. 99).
In Deutschland gilt: 0,1 % der Landes- und ~0,3 % der Waldfläche sind NWR (DESTATIS, 2009) ⇔ Hessen: 0,1 % u. ~0,2 %.

[554] Das größte NWR wird von 2 Straßen begrenzt und von einer weiteren zerschnitten.

[555] Genaue Zahlen: s.S. 322, Tab. 78, Nr. 12a: **82,9 %** bzw. **18,7 %**.

[556] In Hessen wurden und werden die LRP von den 3 Regierungspräsidien (RP) aufgestellt. Die aktuellen Pläne der RP Darmstadt, Gießen und Kassel stammen aus den Jahren 2000, 1998 und 2000 (RP-DA, 2000; RP-GI, 1998; RP-KS, 2000).

[557] RP-GI (1998, S. 176, Hervorhebungen durch den Autor).

[558] RP-GI (1998, S. 90, Hervorhebungen durch den Autor).

[559] Die Schienenwege verlaufen hier überall parallel zu Straßen, wodurch die Methode der Lärmkorridore ins Leere läuft: Im einfachsten Fall sind beide Korridore jeweils 250 m breit, aber genau deckungsgleich, so dass die Doppelbelastung untergeht. In solchen Fällen lässt sich die korrekte Breite des Lärmbereichs am besten aus einer Gesamtlärmkarte (GES) ermitteln.

[560] Die folgenden 4 Zitate aus RP-GI (1998, S. 167, Hervorhebungen durch den Autor).

Die **Lärmaktionspläne** des RP-GI erwähnen die „besonderen Ruheräume“ (s.o.) nicht.[561]
Mehr noch:

- *Kein* Lärmaktionsplan des Landes Hessen legt ein einziges Ruhiges Gebiet fest
- ⇨ ***Keine* Kartierung und *kein* Schutz Ruhiger Gebiete in Hessen**

Jetzt zu Abb. 72 und Tab. 77 (s. nächste Doppelseite), die folgende Objekte (Flächen) miteinander vergleichen:

- die pRG35(GES) aus dem Modell HEplus
- ähnlich geartete LRP-Flächen aus den beiden LRP des RP-KS und RP-GI

Aus den Karten und Statistiken ergeben sich folgende Aussagen:

- Flächenmäßig sind nur pRG35(GES) und „besonderer Ruheraum“ vergleichbar:
  - Flächenverhältnis: 1:1,2
    - Vgl.: „Freizeit u. Erholung“ u. „hoher Erlebniswert“ 1:4,6 bzw. 5,8
  - Die pRG35(GES) sind als kleine Flecke in die viel größeren LRP-Flächen „Freizeit u. Erholung“ und „hoher Erlebniswert“ eingebettet (wie bei BSR und NP, s.o.)
- RP-KS:
  - Einige größere pRG35(GES) liegen außerhalb von „Freizeit u. Erholung“
- RP-GI:
  - Fast kein pRG35(GES) liegt außerhalb einer LRP-Fläche: nur 3,5 %[562]
  - **Zu *jedem* „besonderen Ruheraum“ gehört eine pRG35(GES)-Fläche**:
    - Die Form beider Flächen stimmt vielfach gut überein, häufig lassen sich die pRG35 als Kernflächen der LRP-Flächen ansehen[563]
  - Die Umkehrung gilt *nicht*: **Es gibt große pRG35(GES), die in *keinem* „besonderen Ruheraum“ liegen** und auch nicht in deren Nähe[564]
- Die Lagegenauigkeit der pRG35(GES) geht mit ±10 m weit über die des LRP hinaus, weshalb die **pRG-Feinstrukturen** bei den „groben“ LRP-Flächen fehlen

In den großen LRP-Flächen „Freizeit u. Erholung“ sowie „hoher Erlebniswert“, die über 50 % des jeweiligen Regierungsbezirks bedecken (s. Tab. 77, S. 321), **legen die weitaus kleineren und zahlreicheren pRG35(GES) die inneren Feinstrukturen offen.** Das gilt allerdings nur für den Aspekt „Ruhe“ = „stille Erholung“, dafür aber mit einer Lagegenauigkeit, die deutlich über die Maßstabsebene des LRP hinausgeht.

- ⇨ **LRP-Flächen und Ruhige Gebiete** – hier: pRG35(GES) – sind grundsätzlich **verschieden** und **nicht austauschbar**. Sie erfüllen verschiedene Funktionen, die räumlich nur teilweise zusammenfallen – wenn, dann ähnlich gut wie bei Wald

---

[561] In Hessen sind für die Lärmaktionsplanung ebenfalls (s. Fußnote 556) die 3 Regierungspräsidien zuständig. Diese haben bis November 2012 folgende Pläne veröffentlicht:

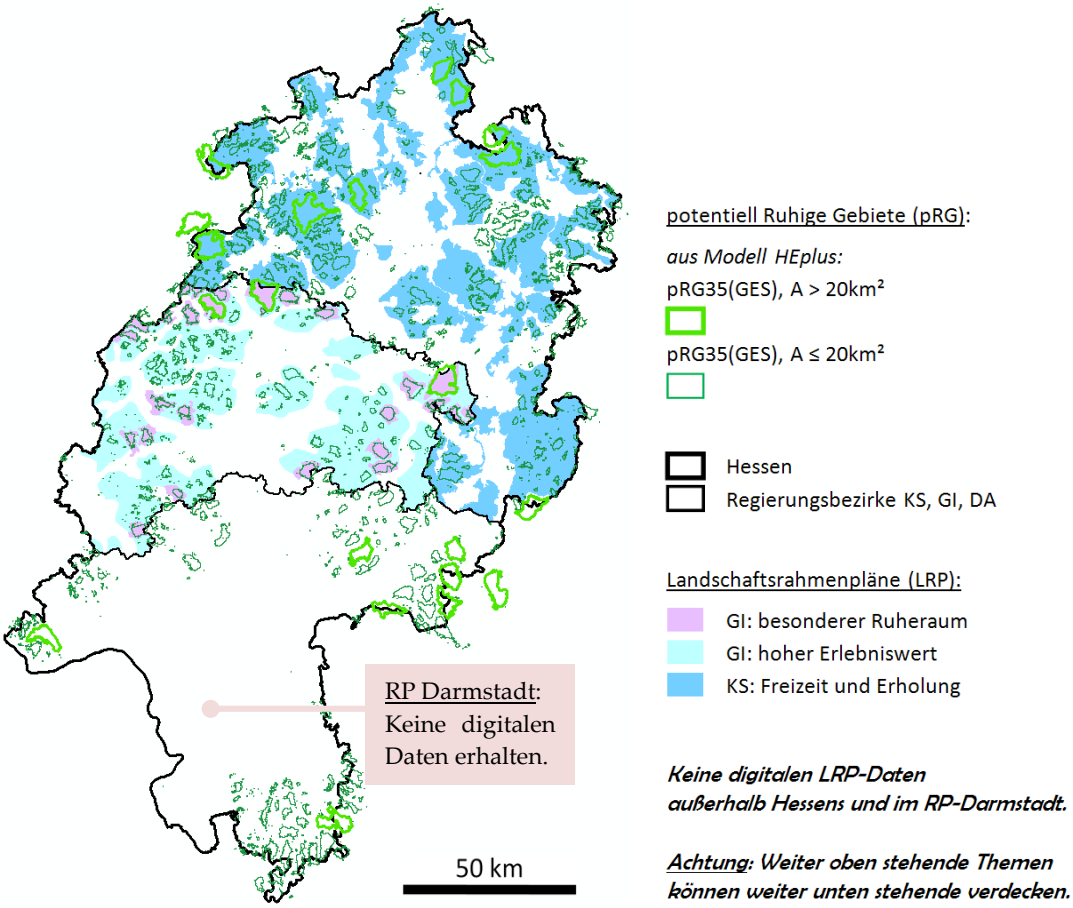
- am 15.11.2010: Lärmaktionsplan – Teilplan Straßenverkehr (RP-DA, 2010; RP-GI, 2010; RP-KS, 2010)
- am 07.05.2012: Lärmaktionsplan – Teilplan Schienenverkehr (RP-DA, RP-GI & RP-KS, 2012)
- am 03.09.2012: *Entwurf* Lärmaktionsplan – Teilplan Flughafen Frankfurt/Main (RP-DA, 2012)

Die Konzentration der Zuständigkeiten auf die 3 Regierungsbezirke besitzt den Vorteil, dass **gemeinde*übergreifende*** Analysen und Maßnahmen leichter möglich sind. Allerdings verhindert die Anfertigung von Teilplänen *pro* Lärmart die von der END geforderte **Gesamtbewertung** *aller* Lärmarten (Art. 3 lit. r und Anhang V Nr. 1 END).

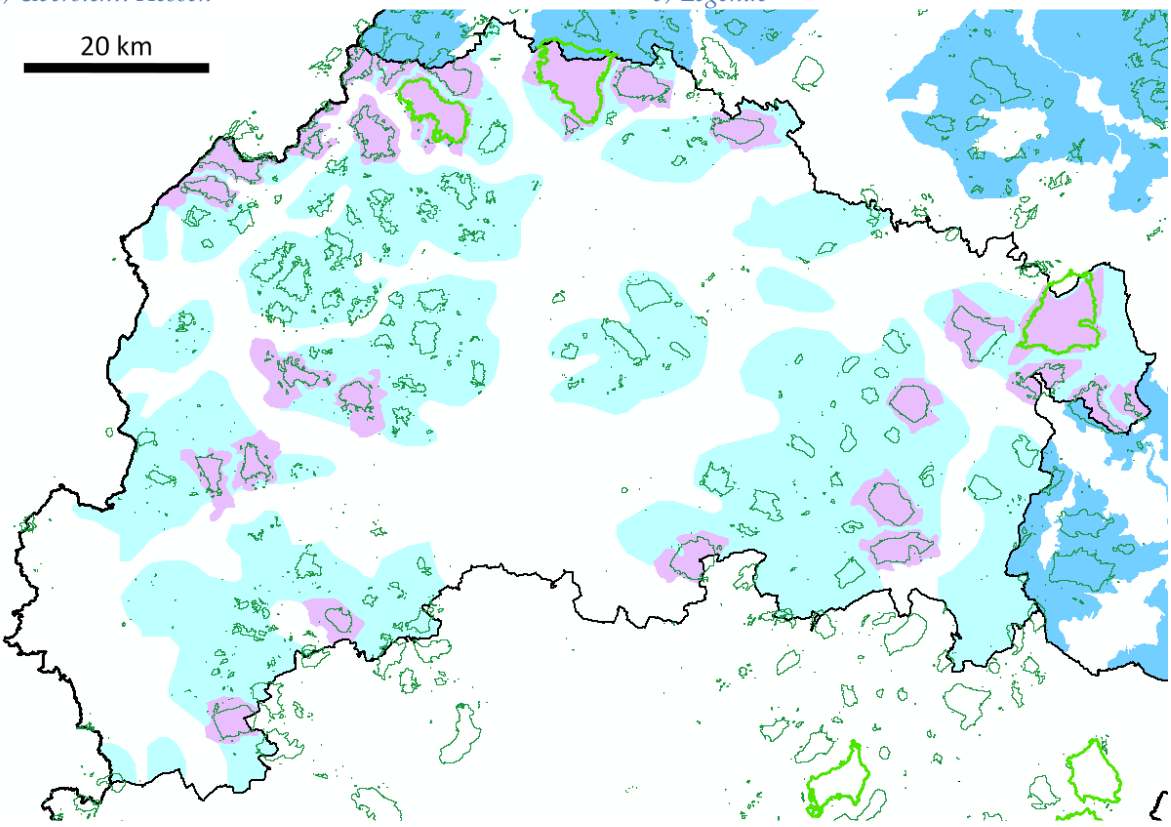
[562] Tab. 78, Nr. 17: 96,5 % der pRG35(GES) liegen innerhalb irgendeiner LRP-Fläche ⇨ 3,5 % außerhalb.

[563] Grund: Die Herleitung der „besonderen Ruheräume“ erfolgte mit Hilfe von Lärmkorridoren, s.S. 318.

[564] Tab. 78, Nr. 18: 46,7 % der „besonderen Ruheräume“ sind gleichzeitig pRG35(GES)
umgekehrt: 57,4 % der pRG35(GES) sind gleichzeitig „besonderer Ruheraum“



a) Übersicht: Hessen *b) Legende*



c) Detail: RP-Gießen

Abb. 72: Regierungsbezirke Kassel und Gießen: pRG35(GES) ⇔ Landschaftsrahmenpläne (LRP).
Quelle der LRP-Daten: Regierungspräsidium Kassel und Gießen, Obere Naturschutzbehörde.

Tab. 77: Hessen: pRG35(GES) ⇔ Landschaftsrahmenpläne – Statistiken.
Legende: In Nr. 8-10 bedeutet z.B. „36; 32“: 36 Schutzgebiete insgesamt, 32 mit A > 20 km².
Die pRG35(GES) aus HEplus werden der Fläche des Regierungspräsidiums bzw. des Landes Hessen zugewiesen, wenn ihr Mittelpunkt („Centroid“, s. Tab. 76, S. 314) in der jeweiligen Fläche liegt. Abweichungen i. Vgl. zu anderen Auswertungen sind daher möglich, aber i. Allg. unbedeutend: s. Tab. 76, Nr. 14 und 15: Centroid ⇔ Clip.
Quelle der LRP-Daten: Regierungspräsidium Kassel und Gießen, Obere Naturschutzbehörde.

		Regierungsbezirk	**Kassel**	**Gießen**	**Darmstadt**	Hessen
		Region	Nordhessen	Mittelhessen	Südhessen	
Nr.	**Schutzgebiets-Kategorie**	Gesamtfläche	8.291,3 km²	5.380,6 km²	7.444,4 km²	21.116,2 km²
1	pRG35(GES), alle	Fläche	963,5 km²	512,0 km²	498,4 km²	1.973,9 km²
2	pRG35(GES), A > 20 km²		242,1 km²	107,2 km²	130,6 km²	479,9 km²
3	KS: Freizeit und Erholung		4.463,2 km²	-	-	4.463,2 km²
4	GI: hoher Erlebniswert		-	2.958,0 km²	-	2.958,0 km²
5	GI: besonderer Ruheraum		-	608,0 km²	-	608,0 km²
6	pRG35(GES), alle	Anzahl	4.947	2.880	2.474	10.301
7	pRG35(GES), A > 20 km²		7	3	5	15
8	KS: Freizeit und Erholung		36; 32	-	-	36; 32
9	GI: hoher Erlebniswert		-	17; 15	-	17; 15
10	GI: besonderer Ruheraum		-	25; 17	-	25; 17

7.5.5 Hessen: Anteil der pRG35(GES) in Schutzgebieten – und umgekehrt

Um die Verflechtungen zwischen Ruhe und Erholung nicht nur visuell und summativ zu untersuchen, erfolgt jetzt ein lagegenauer Vergleich

- jedes einzelnen pRGx(GES)-Objektes = jeder pRGx-Einzelfläche
- *mit* jedem Flächenobjekt der in Tab. 76 (S. 314) gelisteten Schutzgebiets-Kategorien

Sei K die jeweilige Schutzgebiets-Kategorie, K = BSR, NLP, …, dann geht es um folgende 2 Fragen:

- Wie viel Prozent der Gesamtfläche von K ist pRGx(GES)?
- Wie viel Prozent aller pRGx(GES)-Flächen liegen in K?

Die Analysen umfassen alle pRGx(GES) in Hessen mit den Qualitäten x = 35, 45 und 55.

Tab. 78 enthält die mit folgender Farbkodierung (s. Tab. 51, S. 232) bewerteten Antworten:

Farbe	Bewertung	Prozent
grün	sehr gut	≥ 90 %
gelb	(noch) gut	50-90 %
rot	schlecht	< 50 %

Tab. 78: Hessen: Anteil der pRGx(GES) mit x = 35, 45 und 55 in Schutzgebieten – und umgekehrt.
Legende: Nr. = wie in Tab. 76, S. 314, weshalb Nr. 13-15 hier fehlen; grüne Textfarbe = Anteil der pRGx in K ist größer *als Anteil der pRGx an der Landesfläche (= Nr. 0); in Klammern () = Anteile pro RP-KS/GI*
Berechnungsgrundlage: Rastergenaue GIS-Analysen gemäß Fußnote 565.
Quelle der LRP-Daten: Regierungspräsidium Kassel und Gießen, Obere Naturschutzbehörde.

Nr.	Kategorie K	Wie viel % der Gesamt*fläche* von K ist pRGx(GES)?			Wie viel % aller pRGx(GES)-*Flächen* liegen in K?		
		pRG35(GES)	pRG45(GES)	pRG55(GES)	pRG35(GES)	pRG45(GES)	pRG55(GES)
0	Land Hessen	**9,3 %**	33,9 %	69,6 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
Schutzgebiete nach BNatSchG							
1	BSR	8,5 %	43,9 %	82,8 %	2,8 %	3,9 %	3,6 %
2	NLP	77,5 %	93,1 %	98,8 %	2,3 %	0,7 %	0,4 %
3	FFH	20,9 %	53,3 %	83,4 %	22,5 %	15,7 %	12,0 %
4	NSG	13,5 %	41,3 %	75,4 %	2,7 %	2,2 %	2,0 %
5	NP	11,2 %	39,3 %	76,3 %	44,2 %	42,4 %	40,2 %
6	LSG	5,2 %	19,7 %	55,8 %	5,6 %	5,8 %	8,0 %
7	VSG	20,1 %	53,1 %	84,6 %	31,9 %	23,1 %	17,9 %
Schutzgebiete nach BWaldG							
8	Erholungswald	12,4 %	42,7 %	77,1 %	20,9 %	19,8 %	17,4 %
9	Wald mit Lärmschutzfunktion	0,3 %	4,8 %	19,0 %	0,0 %	0,2 %	0,4 %
10	Wald mit lokaler Immissionsschutzfunktion	1,2 %	8,1 %	25,9 %	0,1 %	0,2 %	0,3 %
11	NWR – Naturwaldreservat	26,3 %	67,9 %	92,6 %	0,3 %	0,2 %	0,1 %
Wald und Truppenübungsplätze							
12a	Wald	18,7 %	53,9 %	84,0 %	82,9 %	59,1 %	34,9 %
12b	Truppenübungsplatz	46,4 %	75,9 %	95,1 %	1,6 %	0,7 %	0,4 %
LRP-Flächen							
16	KS: Freizeit und Erholung	18,3 %	53,4 %	85,5 %	(81,6 %)	(70,7 %)	(59,7 %)
17	GI: hoher Erlebniswert	16,2 %	55,3 %	88,5 %	(96,5 %)	(82,3 %)	(65,3 %)
18	GI: besonderer Ruheraum	46,7 %	88,5 %	99,7 %	(57,4 %)	(27,3 %)	(15,2 %)

Für die einzelnen Schutzgebiets-Kategorien K lauten die Ergebnisse:

a) BNatSchG-Schutzgebiete:

- Rangfolge (gut → schlecht) bzgl. der Ruhequalität (Hessen = Landesdurchschnitt):
  - NLP → FFH/VSG → BSR/NP/NSG → Hessen → LSG
- NLP = beste Ruhequalität, insb. bei pRG35(GES)
  - ABER: nur 1 NLP in Hessen und Fläche mit 57 km² relativ klein
- LSG = schlechteste Ruhequalität, obwohl es *auch* der „Erholung" dienen *kann*
  - ABER: Erholung ist nur einer von 3 möglichen Schutzzwecken[566]
- In allen Gebieten – bis auf LSG – ist es ruhiger als im Landesdurchschnitt (= Nr. 0)

---

[565] Berechnungsgrundlage:
- Spalten 3-5: Prozentwert = 100 % × $A_{pRGx\ in\ K}/A_K$
- Spalten 6-8: Prozentwert = 100 % × $A_{pRGx\ in\ K}/A_{pRGx}$

mit
- $A_{pRGx\ in\ K}$ = Summe aller pRGx(GES)-Flächen, die in Schutzgebiets-Kategorie K liegen, d.h. mit K deckungsgleich sind
- A_K = Gesamtfläche von K
- A_{pRGx} = Gesamtfläche aller pRGx(GES) in Hessen (für Nr. 0-12b) bzw. im RP-KS oder im RP-GI (für Nr. 16-18)

[566] Welche Schutzzwecke ein einzelnes LSG besitzt, geht aus den GIS-Daten nicht hervor, s.S. 315 und Fußnote 569, S. 324.

b) BWaldG-Schutzgebiete und Wald:

- Rangfolge (gut → schlecht) bzgl. der Ruhequalität:[567]
  - NWR → Wald → Erholungswald → Hessen → „restl. Schutzwälder“
- NWR = beste Ruhequalität:
  - ABER: sehr kleine Gesamt- und Einzelflächen, noch kleiner als NLP
    - NWR-Gesamtfläche in Hessen: nur **20,5 km²** von 8.400 km² Wald
    - **größtes NWR: A = 2,4 km²**
      - Kein pRG35, weil es von einer Kreisstraße mit DTV_{real}(SVZ 2005) = 416 Kfz/24h zerschnitten wird
      - zu 42 % pRG45; zum Vgl.: alle NWR sind zu 68 % pRG45
    - NWR-Anzahl: **39 NWR**
      - 17 ganz oder teilweise auch pRG35
      - 22 außerhalb jeglicher pRG35
      - 13 der 17 größten NWR sind ganz o. teilweise auch pRG35
  - Alle NWR sind gleichzeitig FFH, z.T. zusätzlich auch NSG
- Schutzwälder mit Immissions- o. Lärmschutzfunktion[568] = schlechteste Ruhequal.:
  - Grund: Die Wälder sollen *vor* Emissionen schützen und liegen daher meist in unmittelbarer Nähe der Emissions- bzw. Lärmquellen
- Alle Gebiete – bis auf „restl. Schutzwälder“: ruhiger als Landesdurchschnitt (s.o.)

c) LRP-Flächen:

- Rangfolge (gut → schlecht) bzgl. der Ruhequalität:
  - „besonderer Ruheraum“ → „hoher Erlebniswert“ ~ „Freizeit u. Erholung“
- Obwohl die „besonderen Ruheräume“ nur 11,3 % der Gesamtfläche des RP-GI abdecken (s. Tab. 76, S. 314), liegen in ihnen 57,4 % der pRG35(GES)-Flächen, d.h. sie besitzen eine relativ hohe pRG35(GES)-Dichte von 57,4 %/11,3 % = 5,1
- In den LRP-Flächen „hoher Erlebniswert“ liegen mit 96,5 % zwar fast alle pRG35(GES), aber sie bedecken auch mehr als die Hälfte (55 %) des RP-GI – ihre pRG35(GES)-Dichte ist deshalb mit 96,5 %/55,0 % = 1,8 viel kleiner als die der „besonderen Ruheräume“ (5,1 – s.o.)

---

[567] Die Rangfolge ergibt sich aus nachstehender Tabelle, Spalte „Rang“:

Rang	Kategorie	Flächenanteil an der …		Flächenanteil mit Ruhequalität …		
		… Landesfläche	… Waldfläche	… pRG35(GES)	… pRG45(GES)	… pRG55(GES)
4	Hessen	100,0 %	-	9 %	34 %	70 %
2	Wald	41,3 %	100,0 %	19 %	54 %	84 %
3	Erholungswald	14,8 %	38,0 %	12 %	43 %	77 %
1	NWR	0,1 %	0,2 %	26 %	68 %	93 %
6	Lärmschutzfkt.	1,4 %	3,3 %	< 1 %	5 %	19 %
5	Imm.schutz.fkt.	0,8 %	2,0 %	1 %	8 %	26 %

Alle Prozentwerte gelten für Hessen, nicht für HEplus (= Hessen + Außenbereich).
Zum Vergleich: Für die Flächenanteile der pRGx(GES) mit x = 35, 45 und 55 gilt:
a) Hessen: 9,3 %, 33,9 % und 69,6 %, in obiger Tabelle gerundet
b) HEplus: 10,0 %, 35,2 % und 71,1 %, s. Abb. 58, S. 277 ⇨ nur geringe Abweichungen

[568] Bedeutung der Begriffe:

- Schutzwälder mit Immissionsschutzfunktion = Schutzwälder mit **lokaler Immissionsschutz**funktion:
  - Kartierung: über pauschale Abstandskriterien von 100 bis 1.500 m (Hessen-Forst, 2009)
  - Beispiele: Wälder um bestimmte Industrieanlagen, die aber nur z.T. lärmrelevant sind
- Schutzwälder mit **Lärm**schutzfunktion = Schutzwälder mit **spezieller Lärmschutz**funktion:
  - Kartierung: über pauschale Abstandskriterien (Lärmkorridore), z.B. „entlang von stark befahrenen Straßen und Autobahnen bis zu einer maximalen Breite von 500 m“ (Hessen-Forst, 2009, S.1)
  - Beispiele: Waldgebiete um den Flughafen Frankfurt sowie um einige ICE- und Autobahntrassen, meist in Südhessen (s. Abb. 71, S. 317)

d) übergreifend:

- Schutzgebiete mit der ***höchsten* Ruhequalität** (Rang 1 → 2 → 3):
  - **NLP → „besondere Ruheräume" → NWR**
- „Erholungseignung" (~ Ruhequalität) spielt bei LSG, NP, Erholungswald und LRP-Flächen sowohl als *rechtliche* wie auch als *kartierte* Eigenschaft eine Rolle. Beide Eigenschaften sind in den 4 o.g. Kategorien unterschiedlich stark ausgeprägt, was folgende Rangfolgen zeigen (hoch → niedrig, als Faustformel zu verstehen):
  - Erholung, *rechtlich*: LSG → Erholungswald → NP → LRP-Flächen
  - Ruhequalität, *kartiert*: LRP-Flächen → Erholungswald → NP → LSG[569]
  - ⇨ ***Gegensatz: größte* Ruhequalität ≙ *kleinster* rechtlicher Erholungsschutz**
- *Gesetzlich nicht explizit* der Erholung dienende Schutzgebiete (NLP, VSG, FFH, BSR, NSG und NWR) besitzen häufig höhere Ruhequalitäten als Schutzgebiete (NP und LSG), die von Gesetzes wegen der Erholung dienen
- Prozentsatz der **pRGx**, die ***gleichzeitig*** BNatSchG- oder BWald-**Schutzgebiet** sind:
  - **≤ 44,2 %** – Maximum von 44,2 % bei pRG35(GES) und NP[570]
  - **< 10 %** – mehrheitlich, d.h. bei 21 von 33 Kombinationen (≙ 64 %)
- In vielen Schutzgebieten ist es „ruhiger" als im Landesdurchschnitt (Hessen)
- Ein Schutzgebiet ist viel häufiger *auch* pRGx, als dass umgekehrt ein pRGx *auch* Schutzgebiet ist[571]
- Der **NLP Kellerwald-Edersee** (s. Abb. 69, S. 312) besitzt **2 hochwertige Qualitäten**:
  - Höchste Ruhequalität aller Schutzgebiets-Kategorien – er ist am ruhigsten:
    - 77,5 %, 93,1 %, 98,8 % der Fläche mit x = 35, 45, 55 – Rang 1, 1 u. 2
    - 46,7 %, 88,5 %, 99,7 % bei „besonderer Ruheraum" – Rang 2, 2 u. 1
    - Bei pRG55(GES) tauschen NLP und „bes. Ruheraum" die Ränge
  - ⇨ hochwertige **Natur**qualität (weil NLP) ***und*** hochwertige **Ruhe**qualität

Weitergehende Aussagen ließen sich durch Detailanalysen von Einzelgebieten gewinnen. Aufwandsbedingt muss hier auf solche verzichtet werden – Ausnahme: Abb. 79, S. 363.

7.5.6 Ruhige Gebiete als neues eigenständiges Schutzgut

Die bisher vorliegenden Ergebnisse rechtfertigen folgendes **Fazit**:

- Ruhige Gebiete überlappen sich mit bereits bestehenden Schutzgebieten *prinzipiell* **nicht anders als diese *untereinander***
- Ruhige Gebiete und Schutzgebiete sind **nicht dasselbe** und **nicht austauschbar**

---

[569] Die LSG schneiden von allen Schutzgebieten am schlechtesten ab (s. Tab. 78, S. 322). Die Aussage bezieht sich aber auf alle LSG und nicht nur auf jene, die „wegen ihrer besonderen Bedeutung für die Erholung" (§ 26 BImSchG) festgesetzt wurden. Grund: Die GIS-Daten enthalten den Zweck der LSG-Festsetzung nicht. Würde man nur die LSG betrachtet, die der Erholung dienen, *könnten* sich für diese höhere Ruhequalitäten ergeben. Beispiel: Das zum Zwecke der Erholung ausgewiesene LSG „Südwest-Rügen-Zudar" (s. Abb. 79, S. 363) besitzt folgende pRGx-Anteile (Reihenfolge x = 35 – 45 – 55):

- 54,6 % – 87,2 % – 97,9 % ⇔ 5,2 % – 19,7 % – 55,8 % ⇨ deutlich ruhiger als es die LSG in Hessen im Mittel sind

[570] Siehe Tab. 78, Spalte 6-8 (= die letzten 3 Spalten).

[571] Siehe Tab. 78, Nr. 1-11 und vergleiche:

- Spalte 3-5 = „Wie viel % der Gesamt*fläche* von K ist pRGx(GES)?" ⇨ Mittelwert der 33 Prozentzahlen = 43,5 %
- Spalte 6-8 = „Wie viel % aller pRGx(GES)-*Flächen* liegen in K?" ⇨ Mittelwert der 33 Prozentzahlen = 10,6 % ≪ 43, 5 %

Die Mittelwerte dienen nur als grobe Abschätzung – die 2 × 33 Prozentzahlen schwanken je nach Kategorie K stark.
Vergleicht man die 2 × 33 Prozentzahlen jeweils paarweise, dann gilt:

- Prozentwert(Spalte 3-5) > Prozentwert(Spalte 6-8) in 27 von 33 Kombinationen = 81,8 %
- Prozentwert(Spalte 3-5) ≤ Prozentwert(Spalte 6-8) in 6 von 33 Kombinationen = 18,2 %

Beispiel (s. Nr. 1): 8,5 % der BSR sind gleichzeitig pRG35(GES) und werden dadurch noch wertvoller
2,8 % der pRG35(GES) sind gleichzeitig BSR und werden dadurch noch wertvoller
Beachte: 8,5 % BSR ≙ 0,085 × 648,5 km² = 55,1 km², mit 648,5 km² = BSR-Gesamtfläche (Tab. 76, S. 314)
2,8 % pRG35(GES) ≙ 0,028 × 1.973,9 km² = 55,3 km² ⇨ Unterschied zu 55,1 km² durch Rundungsfehler

- **BNatSchG und BWaldG schützen** zwar auch Ruhige Gebiete, allerdings:
    - **nur wenige** – maximal 44,2 % bei NP, s. Nr. 5 in Tab. 78
    - **nur indirekt und unvollständig** – Ruhe ist nicht der Hauptschutzzweck
    - insgesamt **nicht ausreichend**

⇨ Ruhige Gebiete sind **kein Anhängsel** des BNatSchG oder BWaldG

⇨ Ruhige Gebiete sind eine **neue** und **selbständige Schutzgebiets-Kategorie**[572]
    - pRGx sind Flächen mit besonderen Ruhequalitäten

Das Fazit beschreibt folgende klassische Situation 2er Fachdisziplinen A und B:

- A sucht Gebiete $G(A)_\alpha$, welche die hochwertige Qualität Q(A) besitzen,
  nutzt dafür *fachspezifische* Faktoren a_i und erhält N_A Gebiete $G(A)_\alpha$, $\alpha = 1, \ldots, N_A$
- B sucht Gebiete $G(B)_\beta$, welche die hochwertige Qualität Q(B) besitzen,
  nutzt dafür *fachspezifische* Faktoren b_j und erhält N_B Gebiete $G(B)_\beta$, $\beta = 1, \ldots, N_B$

Wenn mindestens ein $G(A)_\alpha$ ganz oder teilweise deckungsgleich mit mindestens einem $G(B)_\beta$ ist, dann existiert ein Gebiet[573]

$$\begin{aligned} \mathbb{G} &= \bigcup_{\alpha,\beta} \left[G(A)_\alpha \cap G(B)_\beta\right] \\ &= \left[G(A)_1 \cap G(B)_1\right] \cup \left[G(A)_1 \cap G(B)_2\right] \cup \cdots \cup \left[G(A)_{N_A} \cap G(B)_{N_B}\right] \\ &\neq \emptyset, \end{aligned}$$

in dem die 2 positiven Faktorensätze a_i und b_j *gleichzeitig* auftreten.

$\mathbb{G}$ zeichnet sich dadurch aus, dass es die beiden Qualitäten Q(A) *und* Q(B) und damit **2 hochwertige Qualitäten *gleichzeitig*** besitzt (s.o.: NLP Kellerwald-Edersee). Der Fall lässt sich leicht auf eine beliebige Anzahl von Fachdisziplinen und/oder Qualitäten verallgemeinern (s. Abb. 5, S. 116). Übertragen auf Ruhige Gebiete bedeutet das:

- Die pRG35(GES) machen die am selben Ort befindlichen Teilflächen der BNatSchG- oder BWaldG-Schutzgebiete[574] **noch wertvoller**
- **Umgekehrt**: Die BNatSchG- oder BWaldG-Schutzgebiete machen die am selben Ort befindlichen pRG35(GES)-Teilflächen **noch wertvoller**

Bestmögliche (= optimale = vollständige, s. Tab. 8, S. 77) Lärmkarten liefern daher mit den pRGx **interdisziplinär nutzbare Informationen**:

1) Ausgangspunkt 1 = vorhandene Schutzgebiete nach BNatSchG, BWaldG usw.:
    - Welche zeichnen sich durch die besondere Zusatzqualität „Ruhe“ aus?
    - Wie sieht die innere Feinstruktur hinsichtlich der Ruhequalität x aus, d.h. wo liegen die pRGx innerhalb der vorhandenen Schutzgebiete?
    - Wo liegen Kernflächen mit besonders hoher Ruhequalität (z.B. pRG35)?
2) Ausgangspunkt 2 = Ruhige Gebiete = die neuen Schutzgebiete (pRGx) nach END:
    - Welche zeichnen sich durch andere Zusatzqualitäten wie Natur, Landschaft, Wald aus und sind *deswegen* zumindest schon *teilweise* geschützt?
    - Wie verteilen sich diese Faktoren auf das pRGx, welche Feinstruktur entsteht innerhalb des pRGx und wo liegen die Kernflächen dieser Faktoren?

---

572 *Formal* sind Ruhige Gebiete bereits durch END und BImSchG als neues Schutzgut eingeführt. Die Aussage ist *inhaltlich* zu verstehen: Wie das Kapitel gezeigt hat, handelt es sich bei Ruhigen Gebieten auch tatsächlich um ein neues Schutzgut, das nicht bereits durch bestehende Schutzgebiets-Kategorien „mitgeschützt“ wird. D.h. die formale Neu-Einführung ist inhaltlich gerechtfertigt.

573 Die Fläche $\mathbb{G}$ besteht aus allen Teilflächen (Bruchstücken) sämtlicher Gebiete $G(A)_\alpha$ und $G(B)_\beta$, die sich überschneiden, d.h. aus der Schnittmenge sämtlicher $G(A)_\alpha$ mit sämtlichen $G(B)_\beta$ – in der Gleichung durch Operatoren aus der Mengenlehre symbolisiert: Erst werden sämtliche Schnittmengen ($\cap$) ermittelt, dann alle Schnittmengen vereinigt ($\cup$), um $\mathbb{G}$ zu erhalten.

574 Siehe Fußnote 571, S. 324.

In diesem Zusammenhang sei an die Vorsilbe ***p* = *potentiell*** im Ausdruck „pRG35(GES)“ erinnert und daran, dass im Sprachgebrauch dieser Arbeit eine *vollständige* Lärmkarte aus einer Kartierung in derzeit *bestmöglicher* Qualität entsteht, d.h. ohne Schwellenwerte und insbesondere mit allen Lärmquellen, also aus einer NICHT-1:1-Kartierung.[575]
Die hier kartierten pRG35(GES) sind nur ruhig hinsichtlich des Faktors

- a_1 = wirkungsgerechter GES *nur* der 3 Lärmarten STR, SCH und FLG *und*
  nur bezogen auf den A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel L_{DEN} *und*
  nur im Rahmen von VBUS & Co[576] *und*
  nur hinsichtlich der speziell für HEplus erstellten Akustik-Modelle *und*
  nur bzgl. der darin gesetzten optimalen Parameterwerte,

nicht hingegen automatisch auch ruhig in Bezug auf

- b_j, ... = andere akustische, psychoakustische und nicht-akustische Faktorensätze

Rechtlich spielen diese fachlichen Einschränkungen keine Rolle, weil die hier durchgeführten Kartierungen dem aktuellen Stand von Forschung und Technik entsprechen.

⇨ Die **pRGx(Y)** können in einem Lärmaktionsplan **als Ruhige Gebiete** (i.S. der END) **festgelegt** und geschützt werden, s.a. Kap. 9, S. 343

Da die Unterschutzstellung jedoch lediglich auf der Größe

- Ruhe i.e.S., bestimmt durch den *einen* Faktor L_{DEN}

beruht, besteht die Gefahr, dass die rechtlich festgesetzten Ruhigen Gebiete – weil sie nur *potentiell* Ruhige Gebiete pRG35(GES) sind – nicht mit den gesuchten *wahren* Ruhigen Gebieten (wRG) übereinstimmen (s. Abb. 5 und Tab. 18, S. 116):

- **Gesucht** = Ruhe i.w.S.
  = n Faktorensätze a_i, b_j, ... in Qualität Q_i, Q_j, ... *mit Wechselwirkungen*[577]
  = wahre Ruhige Gebiete
  = wRG (≙ $\mathbb{G}$ in verallgemeinerter Form, s.o.)

  ≠

  = pRGx(Y), hier speziell: pRG35(GES)
  = potentiell Ruhige Gebiete pRG35(GES)
  = 1 Faktor L_{DEN}(GES) in Qualität $x \leq 35$ dB(A) *ohne* Wechselwirkungen
- **Gefunden** = Ruhe i.e.S.

Künftigen Forschungen bleibt es vorbehalten, die Ungleichungen in eine Gleichung zu überführen und als **finales Ziel** sicherzustellen, dass

- das Gefundene dem Gesuchten **entspricht** ⇨ Gesucht = Gefunden

Die vorliegende Arbeit versteht sich als *ein möglicher* erster Schritt, kann und will jedoch die Systemgrenzen der END nicht überwinden und muss sich als **erstes Etappenziel** damit begnügen, dass

- das Gefundene dem Gesuchten **ähnelt** ⇨ Gesucht ~ Gefunden

---

[575] Siehe Kap. 1.5, S. 76, insb. Tab. 8 und Abb. 4, S. 77.

[576] Beispiel: FLG wird nur für die Lärmquelle „Flughafen Frankfurt am Main“ berechnet und nur für die Flugdaten des DES, die typischer Weise in ca. 50 km (max. 80 km) Entfernung vom Flughafen enden. Deshalb tritt z.B. über dem NLP Kellerwald-Edersee quasi kein Fluglärm auf, so dass dort gilt: L_{DEN}(FLG) ≪ 0 dB(A), s.a. Abb. 56c, S. 275. Eine **Ortsbesichtigung des Nationalparks** zeigt jedoch, dass dort Fluglärm durchaus zu hören ist: weniger beim Wandern (die Eigengeräusche verdecken ihn), dafür aber beim Rasten, d.h. ausgerechnet beim „Ausruhen“.

[577] Denkbar sind 2 theoretische Grundmuster (s.a. Kap. 2, S. 80, insb. S. 120 und dort vor allem Fußnote 210 f.):

a) 1 stark negativer Faktor (= sehr schlechte Qualität) wird durch viele positive Faktoren hoher Qualität ausgeglichen
b) 1 stark negativer Faktor wirkt als K.-o.-Kriterium (Schwellenwert) und kann durch noch so viele und noch so positive Faktoren (positive Qualitäten) nicht ausgeglichen werden

8. Ruhige Gebiete in Deutschland

Das Ziel des Kapitels besteht darin, für die Bundesrepublik Deutschland (D) alle großflächigen pRG35 im *Frei*raum zu finden – und das mit 2 Kartierungsmethoden:

- 1 Akustik-Modell – **Modell D** – Kap. 8.1
- 1 Modell mit Lärmkorridoren – **Modell D-Korridore** – Kap. 8.2

Danach werden die gefundenen pRG35 analysiert (Kap. 8.3).

8.1 Akustik-Modell – Modell D

Der Abschnitt beschreibt den Aufbau des Akustik-Modells D für Deutschland.

8.1.1 Gebäude und Gelände

Das Akustik-Modell D enthält *keine* abschirmenden Objekte, d.h. keine Gebäude (ALK), kein Gelände (DGM) und auch keine Lärmschutzwände (s.a. Abb. 73, S. 330).
Ohne ALK zu arbeiten, lässt sich durch eine Reihe von Gründen rechtfertigen:

- Im *Frei*raum kann prinzipiell vielfach auf ALK-Daten verzichtet werden – das hat Kap. 6.3 (S. 219) qualitativ und quantitativ gezeigt
- Eine zentrale Beschaffung von ALK-Daten ist über das BKG möglich, aber kostenpflichtig und im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht zu finanzieren[578]
- Die Datenmengen sind nur mit großem Aufwand zu verarbeiten, denn das Berechnungsmodell für Deutschland müsste in deutlich mehr Teile zerlegt werden, als dies schon beim DGM für HEplus notwendig war (s.S. 161) – und bereits dort einen hohen Aufwand verursachte

Ein DGM wäre für die Berechnungsqualität in den Mittelgebirgen und Alpen sicher vorteilhaft gewesen und hätte ebenfalls zentral vom BKG bezogen werden können. Aufgrund von Kosten und Aufwand (Datenmenge etc.) blieb auch das DGM außen vor.[579]

8.1.2 Schallquellen

Ohne ALK, ohne DGM und ohne LSW besteht Modell D lediglich aus Schallquellen, was freie Schallausbreitung[580] bedeutet. Schallquellen werden von 2 Lärmarten berücksichtigt:

- Straßen – STR
- Schienen – SCH

Die Lage der beiden Verkehrswege wird dem **DLM250**[581] (Stand: Februar 2009) entnommen, das zentral vom BKG zum rabattierten Preis von **€ 180,--** beschafft wurde.
Akustische Daten von jedem Flughafen separat zu besorgen (als DES: s. Kap. 4.5.6, S. 181), scheidet aufwandsbedingt aus. Damit die Modelle deutschlandweit konsistent sind, wird

---

[578] Das BKG ist verpflichtet, die von den Bundesländern veranschlagten Kosten weiterzugeben, und die Länder räumen bei ALK-Daten keine Gebührenermäßigungen für Forschungszwecke ein (s.a. Fußnote 249, S. 144). Für eine Kostenbefreiung hätte deshalb mit jedem der 16 Länder in Einzelverhandlungen getreten werden müssen. Dadurch hätten sich die Probleme, die bereits bei HEplus zur Entscheidung führten, keine Daten aus den benachbarten 6 Bundesländern zu beschaffen, vervielfacht – noch dazu mit ungewissem Ausgang. Einige hätten womöglich eine komplette Kostenbefreiung erteilt, andere ermäßigte Kosten veranschlagt und eine dritte Gruppe wäre bei den vollen Kosten geblieben.

[579] Die hier gewährte Kostenbefreiung von 90 % hätte zu folgende Endkosten geführt (BKG, 2012 – so auch 2008):

- 120,-- € für ein 200-m-DGM (200 m Gitterweite) – ABER: zu geringe Auflösung
- 2.400,-- € für ein 50-m-DGM – mindestens erforderlich
- 9.600,-- € für ein 25-m-DGM – optimal und HEplus-kompatibel, s. Tab. 24, S. 143

[580] Siehe Fußnote 78, S. 81.

[581] **DLM250** = Digitales Landschaftsmodell 1:250.000.

das vorliegende DES für den Flughafen Frankfurt am Main (s. HEplus) ebenfalls nicht verwendet und auf FLG vollständig verzichtet (Ausnahme: s. Fußnote 599, S. 340).

Straßen – STR

Die **DLM250-Daten** beinhalten Autobahnen, Bundes-, Landes-, Kreisstraßen und sonstige Straßen, jedoch *keine* Gemeindestraßen (Tab. 79). Letztere fehlen daher im Modell D.[582]

Tab. 79: Umfang des Straßenmodells für Deutschland (D).

*Datengrundlage: a) Lage, Geometrie und Widmung (WDM) der Straßen aus dem DLM250 des BKG, Stand: Februar 2009. b) DTV-Werte: Zuweisung pauschaler, widmungsspezifischer Werte gemäß $DTV_{pauschal}$ = **Q25**, mit Q25 aus Tab. 49 (S. 227). Siehe auch Tab. 34, S. 170, für HEplus.*[583]

			Gesamtlänge				
WDM	**Abk.**	**Widmung WDM**	**DLM250-Straßen**	**entfernte Straßen**	**berechnete Straßen**	**Grund der Entfernung**	**$DTV_{pauschal}$ = Q25 aus HEplus**
1301	A	Autobahn	16.347 km	0 km	16.347 km	keine entfernt	40.448 Kfz/24h
1303	B	Bundesstraße	43.218 km	0 km	43.218 km		5.569 Kfz/24h
1305	L	Landesstraße	86.665 km	0 km	86.665 km		1.250 Kfz/24h
1306	K	Kreisstraße	91.056 km	0 km	91.056 km		570 Kfz/24h
1307	G	Gemeindestraße	0 km	-	0 km	in DLM250 nicht vorh.	-
9997 f.	-	sonstige Straße	90.979 km	90.979 km	0 km	mehr Fehler als Nutzen	-
-	-	Summe	328.264 km	90.979 km	237.285 km	-	-

Die sonstigen Straßen werden stichprobenweise anhand von Ortskenntnissen und Straßenkarten geprüft. In den meisten Fällen handelt es sich um Wald- oder Wirtschaftswege, z.T. fallen aber auch relevante Straßen darunter. Da es kein weiteres Attribut gibt, das eine Selektion ermöglicht, wird keine der sonstigen Straßen berücksichtigt. Die damit verbundenen Fehler werden in Kauf genommen, weil sie geringer ausfallen als es der Nutzen eines Modells mit sonstigen Straßen wäre.[584]

Emissionsdaten enthält DLM250 keine. Da auch kein zentraler digitaler Datensatz mit Verkehrsmengen (DTV) aus der SVZ 2005 zur Verfügung steht,

- erhalten alle Straßen einen pauschalen, aber *widmungsspezifischen* DTV-Wert von
  - **$DTV_{pauschal}$ = Q25**
  - Q25 wird den HEplus-Daten entnommen, d.h. Tab. 49, S. 227

---

[582] Im Hinblick auf das Ziel, deutschlandweit *groß*flächige pRGx im *Frei*raum zu kartieren, verursachen die naturgemäß hauptsächlich im *Siedlungs*raum liegenden Gemeindestraßen viel Berechnungsaufwand, bringen aber wenig Nutzen. Gründe: a) Im Siedlungsraum sorgen bereits die anderen Straßen (A, B, L, K) infolge der freien Schallausbreitung für so hohe Pegel, dass dort schon allein ihretwegen keine pRG35 mehr existieren. b) Im Freiraum kommt es relativ selten vor, dass dort *nur* eine Gemeindestraße und keine anderen Straßen (A, B, L, K) durch „unberührte" Flächen verlaufen. Wenn doch, dann würde Modell D tatsächlich irrtümlich ein pRG35 zu viel ausweisen, was aber im Rahmen des Gültigkeitsanspruchs von D zu akzeptieren ist, zumal eine solche Konstellation selten sein dürfte.

[583] Straßenlängen für Hessen und Deutschland liegen aus verschiedenen Quellen vor:

- nach obiger Tab. 79: A, B, L, K: a) Hessen: 17.035 km ⇔ b) Deutschland: 237.285 km
- nach Tab. 6, S. 72: klassifiziertes Netz: a) Hessen: 16.964 km ⇔ b) Deutschland: 238.915 km
- nach Tab. 34, S. 170: A, B, L, K: a) Hessen: 17.040 km ⇔ b) Deutschland: k. A.
  G = Gemeindestraßen: 26.789 km, d.h. 1,57-mal mehr als A, B, L, K zusammen

Obwohl die Angaben unterschiedliche Erfassungsstände wiedergeben, stimmen sie alle gut überein.

[584] Die Aussage ergibt sich aus einem auf HEplus beschränkten Vergleich folgender deutschlandweiten Modelle:

a1) Modell D OHNE sonstige Straßen
a2) Modell D MIT sonstigen Straßen
mit dem Standardmodell
b) DTV0 MIT allen Straßen
⇨ Ergebnis: Die Gemeinsamkeiten zwischen a1 u. DTV0 sind größer als die zwischen a2 u. DTV0 ⇨ a1 wird gewählt

Das Vorgehen basiert auf folgender Abwägung:

- Deutschlandweite Q25-Werten waren nicht zu finden – s.a. Fußnote 266, S. 149
- Q90 scheidet aus, weil damit wegen der in D herrschenden freien Schallausbreitung kaum noch pRG35 übrigblieben – s. Abb. 40, S. 228, insb. Tab. 50, S. 230
- Eine gute Alternative zu Q25 wäre Q50 gewesen, weil beide sich nach den Analysen in Kap. 6.3.4 (S. 228) und dem dortigen Fazit (S. 234) wenig unterscheiden: Q25 erfasst die pRG35 des Standardmodells besser, erzeugt aber auch mehr „Fehlkartierungen" (Fehler 1. Art). Letzteres wird als weniger gravierend eingestuft, weil sich die Fehler über andere Informationsquellen leicht(er) beseitigen lassen
- Q25 und Q50 sind für die pRG35 mit A > 1 km² nahezu und für A > 100 km² exakt gleichwertig, s. Tab. 51 (S. 232) und Tab. 52 (S. 233)

Schienenwege – SCH

Aus dem DLM250 werden nur die Bahnkategorien (Attribut „BKT") Eisenbahn, Güterbahn und S-Bahn verwendet und von diesen nur die nicht stillgelegten – also die in Betrieb oder Bau befindlichen – Strecken berücksichtigt (Tab. 80).

Tab. 80: Umfang des Schienenmodells für Deutschland (D).

		Gesamtlänge				
BKT	**Bahnkategorie BKT**	**DLM250-Strecken**	**entfernte Strecken**	**berechnete Strecken**	**Grund der Entfernung**	**L_{mE}**
1100	Eisenbahn	36.801 km	5.050 km	31.751 km	stillgelegt	Mittelwerte aus HEplus-SCH
1102	Güterbahn	4.380 km	0 km	4.380 km	-	
1104	S-Bahn	330 km	0 km	330 km	-	
div.	Zahnrad-, Standseil-, Museums- und Magnetschwebebahn	958 km	958 km	0 km	irrelevant	-
-	Summe	42.469 km	6.008 km	36.461 km	-	-

Um den Ermittlungs- und Modellierungsaufwand in Grenzen zu halten, kommt eine gleich **2-fache Pauschalierung** der Emissionspegel L_{mE} zum Tragen:

- *Ein* einziger L_{mE} auf Basis von HEplus-SCH (s.u.) wird für *alle* Schienenwege benutzt – d.h. anders als bei STR *keine* BKT-spezifischen L_{mE}-Werte

Die Herleitung von L_{mE} erfolgt

- für die 3 Tageszeiten D, E und N getrennt
- durch Berechnung eines gewichteten Mittelwertes
    - aus den streckenspezifischen L_{mE}-Werten jener Strecken in HEplus, die reale Zugzahlen aus DESTATIS oder dem Fahrplan 2008 besitzen, s. Kap. 4.5.5, S. 171
    - gewichtet mit der zum jeweiligen L_{mE}-Wert gehörenden Streckenlänge

Strecken, die in HEplus-SCH pauschale L_{mE} besitzen, werden ignoriert, weil diese Werte bewusst sehr niedrig gewählt wurden (s.S. 178) und dadurch die nachfolgend aufgeführten L_{mE}-Mittelwerte um etwa **7 dB niedriger** ausfielen.

Somit erhalten sämtliche 36.461 km Schienenwege folgende Emissionspegel:

- L_{mE_D}(gewichteter Mittelwert) = 68,7 dB(A)
- L_{mE_E}(gewichteter Mittelwert) = 68,2 dB(A)
- L_{mE_N}(gewichteter Mittelwert) = 65,8 dB(A)

8.1.3 Lärm- sowie Ruhekarten für GES im Freiraum

Das Vorgehen (Abb. 73) gleicht der bereits für HEplus durchgeführten Gesamtlärmberechnung (Abb. 65, S. 299), außer dass sämtliche Geobasisdaten und FLG fehlen (rote Kreuze in Abb. 73). Die **Gesamtlärmkarte GES** entsteht wieder durch wirkungsgerechte Pegeladdition gemäß Glch. (7.3) (S. 298) mit den dort angegebenen Interpolationspolynomen (7.4) und (7.5) – beinhaltet aber ausschließlich die beiden Lärmarten STR und SCH, *nicht* FLG. Die Rasterweite beträgt Rw = 100 m, was für große pRGx im Freiraum ausreicht (s. Kap. 6.4, S. 235). Ein kleinerer Wert würde zudem eine unverhältnismäßig hohe Genauigkeit vortäuschen. Die mit Rw = 100 m kartierten pRGx besitzen folglich Flächen, welche Vielfache von (100 m)² = 10.000 m² = 1 ha = 0,01 km² sind. Da Abschirmungen und Reflexionen nicht auftreten, betragen die Rechenzeiten für STR und SCH lediglich **3 h bzw. 5 h** (vgl. mit S. 230: Tab. 50, Spalte 1, Standard = DTV0: 12,5 d ~ 300 h).

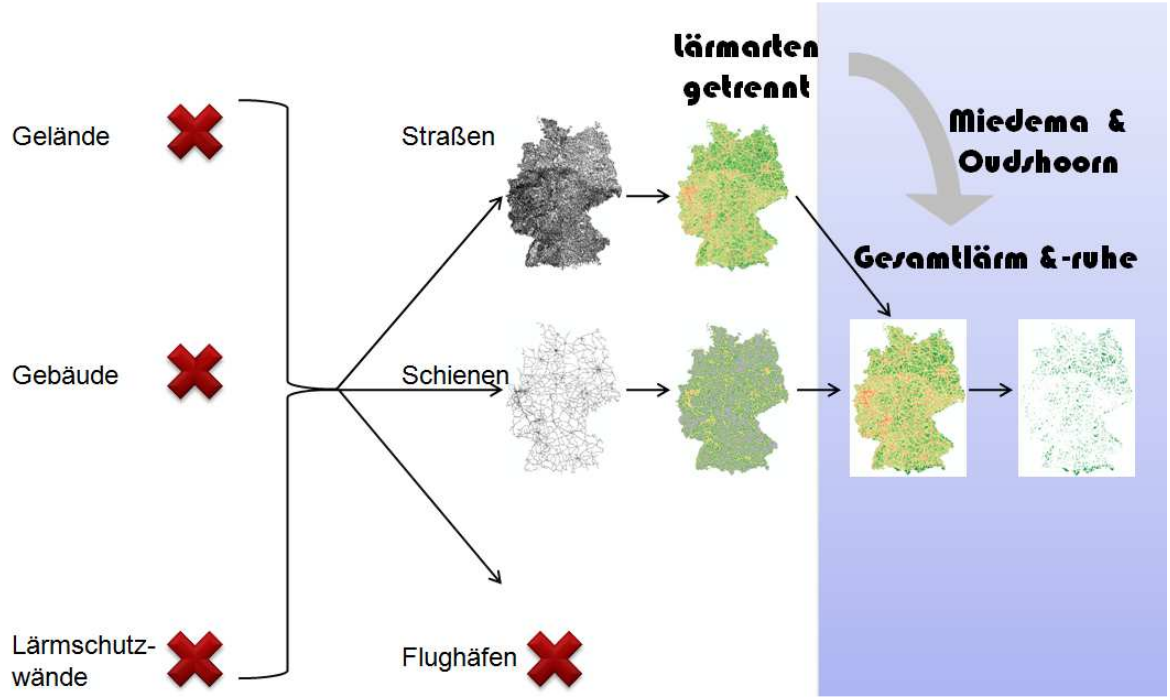


Abb. 73: Modell D: GES und pRG35(GES) durch wirkungsgerechte Pegeladdition – Übersicht.
Rote Kreuze = Daten, die in Modell D fehlen – vgl. mit Abb. 54, S. 273 und Abb. 65, S. 299.

8.2 Lärmkorridore – Modell D-Korridore

Modell **D-Korridore** nutzt folgende einseitige Korridorbreiten r_x (s. Kap. 6.3.3, S. 225):

- bei STR: Korridorbreite r_x = Q25-Breite gemäß Tab. 49, S. 227:
  - Autobahnen: 3.260 m
  - Bundesstraßen: 1.690 m
  - Landesstraßen: 870 m
  - Kreisstraßen: 600 m
- bei SCH: Einheitsbreite, da L_{mE} einheitlich
  - alle Schienenwege: 2.430 m

  Die Einheitsbreite errechnet sich aus L_{mE}, freier Schallausbreitung und der Immissionsbedingung $L_{DEN} \leq 35$ dB(A) (= pRG35).

Die Lärmkorridore erstrecken sich von jeder Schallquelle beidseitig bis zur Entfernung r_x. Es gilt:

- pRG35(D-Korridore) = korridorfreie „Restflächen“
  = Flächen außerhalb sämtlicher STR- und SCH-Korridore

Die unregelmäßige Form der Straßengeometrien und damit auch der Korridore bewirkt, dass „Restflächen“ (Polygone) beliebig kleiner Größe entstehen. Sie fließen unverändert in die nachfolgenden Analysen ein.[585]

8.3 Lärm- sowie Ruhekarten für Deutschland

8.3.1 Lärm- sowie Ruhekarten für GES = STR + SCH im Freiraum

Abb. 74 (s. nächste Seite) zeigt für das Modell D die Schallquellen STR und SCH, die zugehörigen Lärm- sowie Ruhekarten[586], die resultierende Gesamtlärmkarte GES und die daraus extrahierten pRG35(GES).
Letztere werden sowohl einheitlich in einer Farbe (grün: Abb. 74f) als auch je nach Größe in 3 Farben (= 3 Flächenklassen) dargestellt (Abb. 74h).

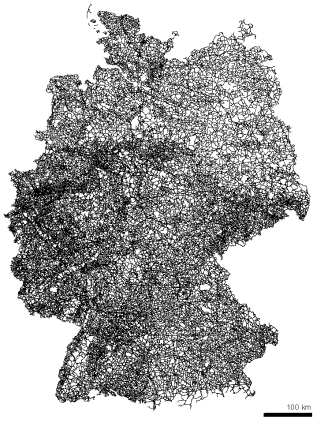
Beim Modell D-Korridore sind nur die pRG35(GES) dargestellt, s. Abb. 74g und i.

Erst bei genauerem Hinsehen fällt auf, dass D-Korridore viel mehr *kleine* pRG35 besitzt als D (vgl. Abb. 74f mit g, s.a. Tab. 81). Bei den *großen* pRG35 mit A > 10 km² sind hingegen in diesem Maßstab kaum Abweichungen zu erkennen (vgl. Abb. 74h mit i).
Von den rot markierten pRG35 mit A > 100 km² besitzt D-Korridore 2 mehr als D – zu sehen, wenn man in Abb. 74i dem Pfeil folgt. Jedoch besitzt auch D an beiden Stellen pRG35, allerdings mit Flächen knapp unter dem 100-km²-Schwellenwert.

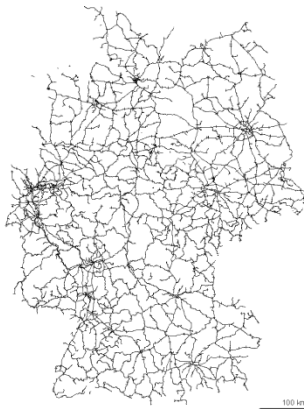
---

[585] D.h. der Einfachheit halber bleiben die Kleinstflächen im Datensatz und dieser wird auch nicht in zu Modell D kompatible 100-m-Raster konvertiert.
Beachte: Für die insg. 13.046 pRG35 in D-Korridore gilt: a) A ≤ 100 m²: 80 ≙ 0,6 % und b) A ≤ 10.000 m²: 748 ≙ 5,7 %.

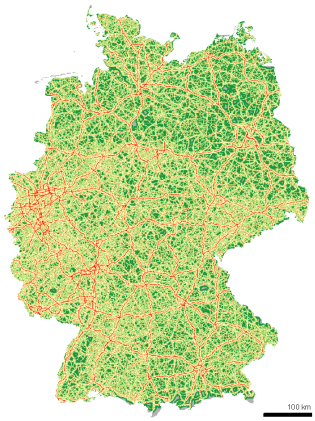
[586] Die Modelle D und D-Korridore besitzen spezifische Parameterwerte (Tab. 23, S. 140). Diese werden so gewählt, dass sich folgende konkrete *Einzel*aufgabe lösen lässt: Kartierung der *großflächigen* Ruhigen Gebiete in Deutschland. Folglich entstehen hier *keine* hochwertigen Lärm- *und* Ruhekarten (s. Tab. 42, S. 211: Nomenklatur der Karten), sondern zuerst Lärmkarten (die zur Lärmbekämpfung aber kaum verwendbar sind) *sowie* daraus die gesuchten Ruhekarten.



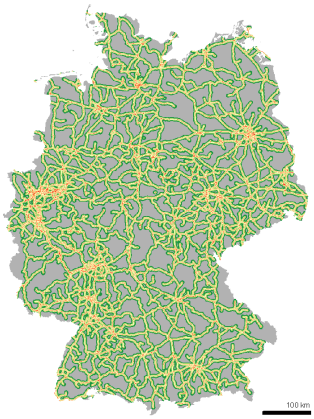
a) Straßen



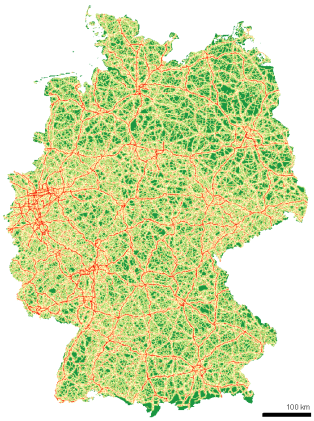
b) Schienen



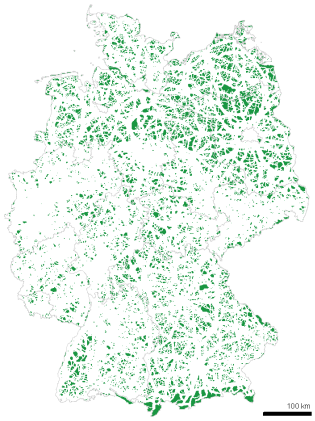
c) STR



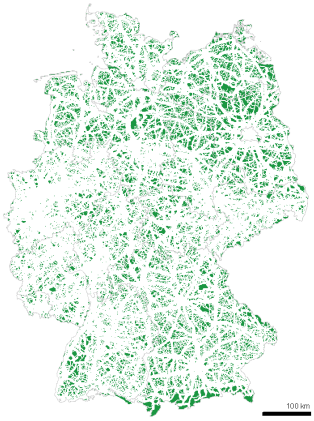
d) SCH



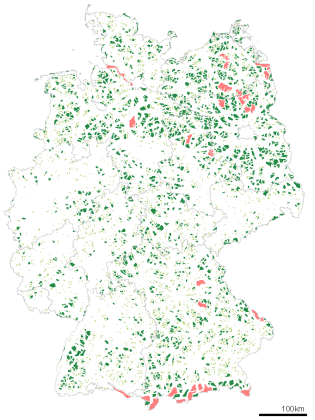
e) GES



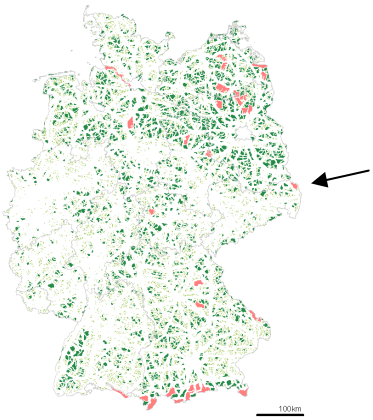
f) D: alle pRG35(GES)



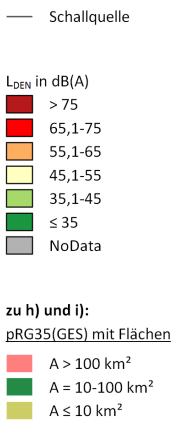
g) D-Korridore: alle pRG35(GES)



h) D: pRG35(GES)-Klassen



i) D-Korridore: pRG35(GES)-Klassen



j) Legende

Abb. 74: Deutschland: STR, SCH, GES, Lärm- sowie Ruhekarten und pRG35(GES).

8.3.2 Summativer Vergleich der Modelle D und D-Korridore

Tab. 81 ergänzt die Karten um quantitative Angaben und

- ermöglicht einen Vergleich von D mit D-Korridore – ähnlich wie Tab. 50, S. 230
- liefert eine **Bestandsaufnahme sämtlicher pRG35(GES) in Deutschland**

Tab. 81: pRG35(GES): summativer Vergleich des Akustik-Modells mit den Lärmkorridoren.

Legende: Anteil = Anteil bzgl. „Summe" (Zeile 6), A_{ges} = Gesamtfläche, σ = Standardabweichung,
Bezug = Anteil bzgl. derselben Zeilen-Nr. in D (daher in D überall 100 %)
= Anteil von D-Korridore an D bzgl. Anzahl und Gesamtfläche der pRG35(GES)

Flächen lt. GIS-Daten (DLM250): Deutschland = 358.119 km², Hessen = 21.115 km².

Bodensee: Das mit dem Bodensee zusammenfallende pRG35 ist mit seiner in Deutschland liegenden Teilfläche berücksichtigt, die bei D 152,2 km² und bei D-Korridore 149,1 km² beträgt. Die Fläche lässt sich nur schätzen, da es „… keine Verträge über den Verlauf der Staatsgrenze im Bereich des Bodensees [gibt]" (BKG, 2011, S. 6).

D								
Nr.	**Flächenklasse**	**Anzahl**			**Fläche**			
		Anzahl	**Anteil**	**Bezug**	**A_{ges}**	**Anteil**	**Bezug**	**Mittelwert ± σ**
1	> 100 km²	28	0,4 %	100 %	4.446,6 km²	8,8 %	100 %	158,81 ± 55,45 km²
2	10-100 km²	1.361	20,1 %	100 %	30.497,9 km²	60,6 %	100 %	22,41 ± 14,81 km²
3	1-10 km²	3.615	53,3 %	100 %	14.714,3 km²	29,3 %	100 %	4,07 ± 2,43 km²
4	0,1-1 km²	1.250	18,4 %	100 %	626,9 km²	1,2 %	100 %	0,50 ± 0,26 km²
5	≤ 0,1 km²	529	7,8 %	100 %	13,2 km²	< 0,1 %	100 %	0,02 ± 0,03 km²
6	**Summe**	6.783	**100,0 %**	**100 %**	**50.298,9 km²**	**100,0 %**	**100 %**	**7,42 ± 14,79 km²**
D-Korridore								
Nr.	**Flächenklasse**	**Anzahl**			**Fläche**			
		Anzahl	**Anteil**	**Bezug**	**A_{ges}**	**Anteil**	**Bezug**	**Mittelwert ± σ**
1	> 100 km²	30	0,2 %	107 %	4.594,8 km²	7,3 %	103 %	153,16 ± 52,54 km²
2	10-100 km²	1.612	12,4 %	118 %	35.050,6 km²	55,9 %	115 %	21,74 ± 14,10 km²
3	1-10 km²	5.734	44,0 %	159 %	21.423,9 km²	34,1 %	146 %	3,74 ± 2,35 km²
4	0,1-1 km²	3.535	27,1 %	283 %	1.599,8 km²	2,6 %	255 %	0,45 ± 0,26 km²
5	≤ 0,1 km²	2.135	16,4 %	404 %	65,6 km²	0,1 %	497 %	0,03 ± 0,03 km²
6	**Summe**	**13.046**	**100,0 %**	**192 %**	**62.734,8 km²**	**100,0 %**	**125 %**	**4,81 ± 11,35 km²**

Bestandsaufnahme und Vergleich der Modelle D und D-Korridore ergeben:

- Anzahl, Gesamtfläche und Flächenanteil aller pRG35(GES) in Deutschland:
  - in D: **6.783** mit insg. **50.299 km²** ≙ **14,0 %**[587]
  - in D-Korridore: **13.046** mit insg. **62.735 km²** ≙ **17,5 %**
- D kartiert in jeder Flächenklasse eine *kleinere* Anzahl u. Fläche als D-Korridore[588]
  Grund: In D finden i. Ggs. zu D-Korridore 2 Pegeladditionen statt:
  1) bei Schallquellen derselben Lärmart: Straße 1 plus Straße 2[589]
  2) bei Schallquellen verschiedener Lärmarten: Straße 1 plus Schiene 1

---

[587] Für die Fläche Deutschlands gilt: a) nach den verwendeten relativ groben GIS-Daten (DLM250): 358.119 km² und b) nach DESTATIS (2009) mit Stand 31.12.2007: 357.104 km². Die Unterschiede sind vernachlässigbar. Analoges gilt für Hessen.

[588] Ein individueller Lagevergleich zeigt, dass oft gilt: pRG35(D) < pRG35(D-Korridore) – die pRG35(D) sind kleiner als die pRG35(D-Korridore). Wenn das zu einem pRG35(D-Korridore) gehörige, nur etwas kleinere pRG35(D) in die benachbarte, kleinere Flächenklasse fällt, gehört es dort zu den größeren pRG35. Deshalb gilt: Mittelwert(D) > Mittelwert(D-Korridore).

[589] Beispiel: 2 Kreisstraßen verlaufen im Abstand von 1.250 m parallel zueinander. Für die beiden Modelle bedeutet das:

- D-Korridore: Die Korridorbreite für Kreisstraßen beträgt 600 m
  ⇨ zwischen den beiden Kreisstraßen liegt ein 50 m breites pRG35
- D: Im 50 m breiten Mittelstreifen (= pRG35 in D-Korridore, s.o.) erzeugt *jede* Straße einen Teilpegel
  L_{DEN}(STR) = 34,8 dB(A) ⇨ Pegeladdition ergibt: Gesamtpegel = 37,8 dB(A) > 35 dB(A) ⇨ *kein* pRG35

Eine zweite Pegeladdition findet statt, wenn man aus STR und SCH den Gesamtlärmpegel GES berechnet. Das geschieht für L_{DEN}(Y) < 45 dB(A) wieder zuschlagsfrei (s.S. 295).

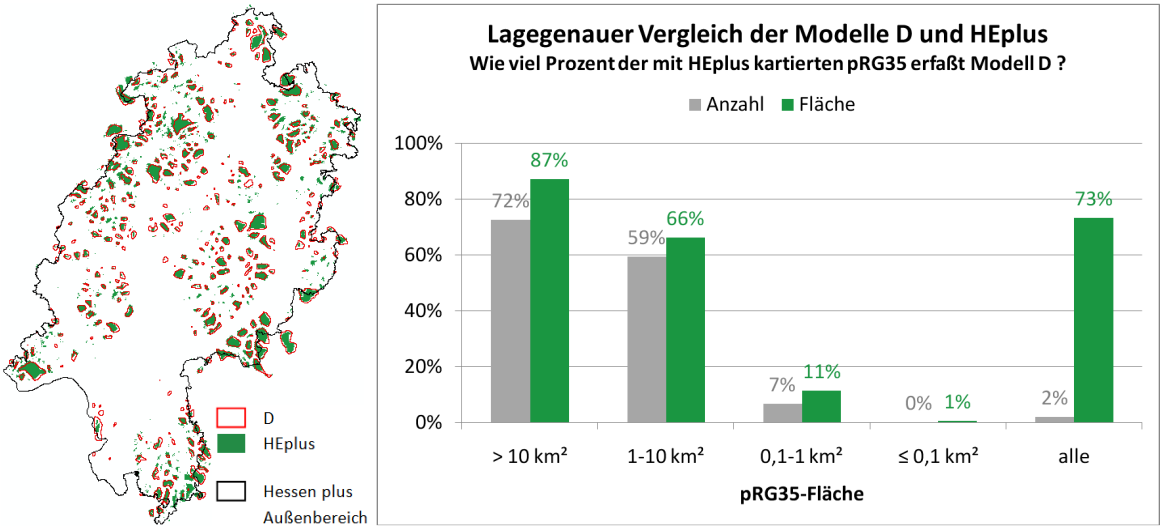
⇨ D führt aufgrund der 2 Pegeladditionen zu realistischeren Ergebnissen

- Für *große* pRG35(GES) stimmen beide Modelle (sehr) gut überein (s. Tab. 81):
  - o Abweichung bei **A > 100 km²:** **3- 7 %** ⇨ sehr gut
  - o Abweichung bei **A = 10-100 km²:** **15- 18 %** ⇨ gut
  - o Abweichung bei **A ≤ 10 km²:** **46-397 %** ⇨ sehr schlecht

Die weiteren Analysen beschränken sich der Einfachheit halber auf Modell D.

8.3.3 Lagegenauer Vergleich der Modelle D und HEplus

Für Hessen (plus Außenbereich) lassen sich die pRG35(GES) der Modelle D und HEplus miteinander vergleichen. Das geschieht in Abb. 75a visuell und in Abb. 75b numerisch durch die Angabe, wie viel Prozent der in HEplus vorhandenen pRG35 das Modell D erfasst. Um einen fairen Vergleich zu gewährleisten, wird auch HEplus mit GES = STR + SCH (ohne FLG) berechnet.[590]



a) visueller Vergleich *b) numerischer Vergleich*

Abb. 75: Lagegenauer Vergleich der Modelle D und HEplus.

Der lagegenaue Vergleich der pRG35(GES) aus D mit jenen aus HEplus zeigt:

- D und HEplus stimmen für *größere* (A > 1 km²) pRG35-Flächen gut überein
  - o Höhere Übereinstimmung bei „Fläche" als bei „Anzahl"

⇨ D kartiert die **größeren** (A > 1 km²) **pRG35 deutschlandweit** recht ***zuverlässig***[591]

- o bzgl. der *Anzahl* erfasst D von den HEplus-pRG35 über 1 km²: **62 %**
- o bzgl. der *Fläche* erfasst D von den HEplus-pRG35 über 1 km²: **78 %**

- Beispiel für gute Übereinstimmung: NLP Kellerwald-Edersee, s. Abb. 69, S. 312

Die weiteren Analysen werden deshalb nur aufwandsbedingt auf A > 100 km² begrenzt.

---

[590] Anmerkung 1: Modell D ~ Modell „ohne ohne" aus Kap. 6.3, S. 219, da beide ohne ALK und ohne DGM auskommen. Unterschied: D mit Q25, dagegen „ohne ohne" mit Q90. Die Parameterstudien in Kap. 6.3 haben gezeigt: Die mit „ohne ohne"-Modellen kartierten pRG35 unterscheiden sich kaum von den bestmöglich kartierten pRG35, *sofern* man sich auf große pRG35 (A > 10 km²) beschränkt. Anmerkung 2: Der Vergleich von D mit HEplus erfolgt zwar in beiden Modellen mit GES = STR + SCH (ohne FLG), aber in HEplus bleibt es bei Q90, während D auf Q25 basiert. Grund: In HEplus beruht STR auf dem bestmöglichen Akustik-Modell DTV0, welches Q90 verwendet und hier nicht weiter modifiziert werden soll.

[591] Hessen plus Außenbereich darf als akustisch repräsentativ für Deutschland angenommen werden, s.a. S. 127.

8.3.4 Analyse der pRG35(GES) aus Modell D

In Modell D gilt für die Anzahl und Gesamtfläche der kartierten pRG35 sowie deren Anteile an der Fläche Deutschlands (in Klammern: Anteile bzgl. „alle“ = 1. Zeile):

- A = „alle“: **6.783 (100,0 %)** mit insg. **50.299 km² (100,0 %)** ≙ **14,0 %**
- A > 1 km²: **5.004 (73,8 %)** mit insg. **49.659 km² (98,7 %)** ≙ **13,9 %**
- A > 10 km²: **1.389 (20,5 %)** mit insg. **34.945 km² (69,5 %)** ≙ **9,8 %**
- A > 100 km²: **28 (0,4 %)** mit insg. **4.447 km² (8,8 %)** ≙ **1,2 %**

Verteilung der pRG35(GES) auf die Bundesländer

Tab. 82 zeigt, wie sich „alle“ pRG35(GES) und die pRG35-**Großgebiete mit A > 100 km²** auf die 16 Bundesländer (BL) nach Anzahl und Fläche verteilen. Die BL sind nach dem Anteil aller pRG35 an der Landesfläche (= Spalte 5) absteigend sortiert.

Im Vorgriff auf den nächsten Abschnitt stellt die Tabelle den pRG35(GES)-Großgebieten die Unzerschnittenen Verkehrsarmen Räume **(UZVR)** gegenüber, welche ebenfalls über das Flächenkriterium A > 100 km² (u.a. Kriterien) definiert sind (Baier et al., 2006; UBA, 2012b).

Tab. 82: Verteilung der pRG35 auf die 16 Bundesländer und Vergleich mit UZVR.

Legende: R = Rang, bezogen auf die zugehörige %-Spalte – bei pRG35 auf die erste %-Spalte (= Spalte 5)
Anz. = Anzahl: „5 + 1“ bedeutet: 5 vollständig im BL + 1 grenzüberschreitend = 6 insg. im BL
% = Anteil der pRG35-Fläche an der Fläche des BL, rote Schrift = Rang 1 o. Maximum der Spalte
Sortierung: absteigend nach der ersten %-Spalte (= Spalte 5 = Anteil aller pRG35-Flächen an Landesfläche).
Grenzüberschreitende pRG: a) Anzahl: 337, davon 333 zwei-geteilte und 4 drei-geteilte. b) Verteilung auf die BL: Grenzüberschreitende pRG werden „grenzgenau“ geteilt und die so entstehenden Teilflächen den jeweiligen BL zugerechnet. Dabei kommt es bei 4 pRG nicht nur zu einer Zwei-, sondern Dreiteilung – weil z.B. ein pRG aus einem Bundesland A nach B hinaus- und an anderer Stelle wieder nach A hineinläuft. Deshalb gilt: Summe von Nr. 1 bis 16 = 7.124 = 6.783 + 337 + 4. c) Eingeklammerte Prozentzahlen in Zeile B = Flächenanteile bzgl. Zeile A. d) Alle Flächen lt. GIS-Daten (DLM250), Deutschland = 358.119 km².
Bodensee: Das 152,2 km² große pRG35 wird vollständig BW zugeordnet, da nur eine geringe Teilfläche in BY liegt und der Grenzverlauf zudem nicht exakt definiert ist, siehe die Anmerkung in Tab. 81, S. 333.
UZVR-Datengrundlage: UBA(2012b) mit Stand 2005, weil aktuellere Daten nicht verfügbar sind.

R	Bundesland BL	pRG35(GES) aus Modell D						UZVR			
		alle			A > 100 km²			A > 100 km²			
		Anz.	Fläche in km²	%	Anz.	Fläche in km²	%	Anz.	Fläche in km²	%	R
1	Mecklenburg-Vorpom.	623	5.761	24,7 %	5 + 1	935	4,0 %	81	14.771	64 %	1
2	Brandenburg	489	6.629	22,3 %	5 + 2	723	2,4 %	85	16.608	56 %	2
3	Hamburg	7	133	17,7 %	0 + 1	25	3,3 %	0	0	0 %	13
4	Sachsen-Anhalt	367	3.473	16,9 %	1 + 1	189	0,9 %	40	7.218	35 %	5
5	Bayern	1.644	11.743	16,6 %	12	1.939	2,7 %	86	15.026	21 %	7
6	Niedersachsen	993	7.919	16,6 %	1 + 1	387	0,8 %	106	17.085	36 %	4
7	Schleswig-Holstein	435	2.171	13,7 %	0 + 1	97	0,6 %	21	3.182	20 %	8
8	Thüringen	318	2.069	12,8 %	0	0	0,0 %	33	6.190	38 %	3
9	Baden-Württemberg	707	3.662	10,2 %	1	152	0,4 %	18	2.736	8 %	11
10	Sachsen	328	1.557	8,4 %	0	0	0,0 %	22	4.176	23 %	6
11	**Hessen**	**366**	**1.765**	**8,4 %**	**0**	**0**	**0,0 %**	**12**	**2.097**	**10 %**	**10**
12	Saarland	63	180	7,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0 %	13
13	Rheinland-Pfalz	293	1.285	6,5 %	0	0	0,0 %	22	3.823	19 %	9
14	Nordrhein-Westfalen	484	1.887	5,5 %	0	0	0,0 %	5	1.230	4 %	12
15	Berlin	4	49	5,4 %	0	0	0,0 %	0	0	0 %	13
16	Bremen	3	15	3,9 %	0	0	0,0 %	0	0	0 %	13
A	**Deutschland**	**7.124**	**50.299**	**14,0 %**	**28**	**4.447**	**1,2 %**	**531**	**94.427**	**26 %**	**-**
B	grenzüberschreitend	337	5.078	(10 %)	3	531	(12 %)	31	k.A.	k.A.	-

Gemäß Modell D gilt für die 16 Bundesländer:

- Große Spannweite der pRG35(GES)-Flächenanteile von 3,9 % bis 24,7 %
- Nur **Mecklenburg-Vorpommern** und **Brandenburg** kommen auf Anteile **> 20 %**
- **Bayern** besitzt insgesamt die meisten pRG35(GES), die meisten Großgebiete (12 von 28 ≙ 43 %) und die größte pRG35(GES)-Gesamtfläche
    - Gute Übereinstimmung der pRG35-Anteile verschiedener Studien:
        - D-Korridore und D: 21,1 und 16,6 %
        - Esswein & Schwarz-v. Raumer (2004)[592]: 22,9 %
- **Jedes** Bundesland hat große pRG35(GES) mit A > 10 km², auch die Stadtstaaten
    - Stadtstaaten: Alle pRG an der Peripherie liegend und grenzüberschreitend
- **Deutschland** besteht zu **14,0 %** aus pRG35(GES):
    - 10 % *davon* sind grenzüberschreitend (bzgl. *Bundesländer*-Grenzen)
    - **Hessen** liegt mit **8,4 %** auf Rang 11[593]

Wie viele pRG35 die ***nationale* Grenze überschreiten**, bleibt ungewiss, da Geobasisdaten (Straßen u. Schienen) der Nachbarstaaten nicht beschafft wurden (Aufwand). Wenn man jedoch hilfsweise Abb. 74e mit weiteren Karten visuell abgleicht, dann stehen folgende pRG35(GES)-Großgebiete als grenzüberschreitend fest: der Bodensee, die Gebirgsregionen an der Südgrenze Deutschlands und das mit dem **Nationalpark Bayrischer Wald** fast deckungsgleiche achtgrößte pRG (184 km²). Bei letzterem kann man davon ausgehen, dass es sich um eine etwa gleich große Fläche des **Nationalparks Šumava (Böhmerwald)** vergrößert. Luftbilder lassen dort keine Verkehrswege erkennen (s.a. S. 338: Tab. 83, Nr. 8). In solchen Fällen werden die *realen* Flächen der pRG35-Großgebiete erheblich über den Angaben der Tab. 83 liegen – und damit ihre Schutzwürdigkeit noch höher einzustufen sein. Um die „Grenzgänger" dauerhaft zu schützen, bedarf es einer engen Zusammenarbeit der von den pRG begünstigten Staaten, Bundesländer, Regionen usw. (s.S. 311).
Ein **umgekehrter Randeffekt** tritt dort auf, wo Straßen oder Schienen unmittelbar jenseits der nationalen Grenze verlaufen. Sie fehlen in den Modellen D und D-Korridore, beeinflussen in Wirklichkeit aber die Pegel diesseits der Grenze und können dadurch die Flächen der hier kartierten pRG entweder reduzieren oder (theoretisch) ganz auflösen. Ein Beispiel ist der grenzüberschreitende **Bodensee**[594] mit der am Schweizer Südufer verlaufenden Hauptstraße 13.[595]
Bei den oben erwähnten Gebirgsregionen sind Randeffekte nicht zu erwarten, weil hier die nächstgelegenen Straßen in benachbarten Tälern verlaufen und fast komplett durch die Gebirge abgeschirmt werden.

---

[592] Ermittelt mit Hilfe von Lärmkorridoren auf Grundlage der RLS-90, s.a. S. 112: Tab. 16, Nr. 14.

[593] Zum Vergleich: Die HEplus-Modelle liefern folgende Flächenanteile für die pRG35 in Hessen:

- Standardmodell DTV0 12,0 % pRG35(STR)
- „ohne ohne": 4,6 % pRG35(STR) ABER: mit Q90 statt Q25 in D
- Q25-Korridore: 14,5 % pRG35(STR)
- GES 9,3 % pRG35(GES) ABER: inkl. FLG statt nur STR und SCH in D

[594] Das Rechengebiet für D wird aus Geobasisdaten gebildet, die sich auf Deutschland beschränken, am Bodensee aber ausnahmsweise über den nationalen Bereich hinausgehen und den vollständigen Bodensee enthalten.

[595] Die Verkehrsmenge („DTV-Wert") der Hauptstraße 13 schwankt entlang des rund 50 km langen *Süd*ufers zwischen 9.300 und 16.800 Kfz/24h (ASTRA, 2005). Da die Straße selten in unmittelbarer Ufernähe verläuft, kann man davon ausgehen, dass L_{DEN}(STR) ≤ 35 dB(A) bereits nach ca. 1 km seewärts des Ufers gilt. Damit reduziert die Hauptstraße 13 die in Modell D kartierte Fläche des grenzüberschreitenden Bodensee-pRG35 um ca. 50 km × 1 km = 50 km² – wodurch diese von 337 km² auf **ca. 287 km²** abnimmt. Davon entfallen auf Deutschland allerdings nur ca. 152 km², s.S. 338: Tab. 83, Nr. 13.

Vergleich der pRG35(GES) mit Unzerschnittenen Verkehrsarmen Räumen (UZVR)
Ein Vergleich der pRG35(GES)-Großgebiete (> 100 km²) mit den nach gleichem Flächenkriterium definierten UZVR lässt die besondere Qualität der pRG35 erkennen (Tab. 82):

- 28 pRG35 mit insgesamt ca. 4.400 km² – mittlere Fläche = 159 km²
- 531 UZVR mit insgesamt ca. 94.000 km² – mittlere Fläche = 177 km²
- 26 der 28 pRG35-Großgebiete finden sich auch als UZVR wieder[596]
- Alle 12 pRG35-Großgebiete in Bayern fallen mit UZVR zusammen:
    - Sie treten bzgl. ihrer Flächengrößen in ähnlicher Rangfolge auf
    - Ihre Flächen sind im Mittel 80 km² kleiner: 160 km² statt 240 km² (Tab. 83)

Die dennoch insgesamt großen Mengen- und Flächendifferenzen kommen durch folgende 2 **Bildungsregeln** zustande, die **für UZVR** gelten (Baier et al., 2006; UBA, 2012b):

- Linienhafte Zerschneidungselemente wie Straßen, Schienen und Kanäle trennen die von ihnen durchzogenen Flächen lediglich auf, wirken aber nicht *in* die verbleibenden Teilflächen hinein. Dadurch verlieren die UZVR im Gegensatz zu den pRGx nicht noch zusätzlich an Fläche
- Nicht alle möglichen Zerschneidungselemente werden berücksichtigt (Schwellen):
    - Beispiel: Nur gezählte Straßen mit DTV_{real}(SVZ) > 1.000 Kfz/24h = $DTV_{Schwelle}$ zerschneiden, *nicht*-gezählte Straßen *nicht* – sie bleiben unberücksichtigt
    - DTV-Schwellen können auch bei den UZVR zu Problemen führen:
        - SVZ 2005: DTV_{real} = 950 Kfz/24h < 1.000 Kfz/24h ⇨ UZVR: Ja
        - SVZ 2010: DTV_{real} = 1.050 Kfz/24h > 1.000 Kfz/24h ⇨ UZVR: Nein

Kartierungen ohne DTV-Schwellen beseitigen auch solche Probleme.

8.3.5 Rangliste der 28 pRG35(GES)-Großgebiete in Deutschland

Eigenschaften und Lage der pRG35(GES)-Großgebiete gehen aus Tab. 83 und Abb. 76 hervor (s. nächste Doppelseite).

Danach gilt für die 3 größten **pRG35(GES = STR + SCH) Deutschlands**:

- Rang 1: **305 km²**, etwa deckungsgleich mit dem **Nationalpark Müritz-Teil Müritz** und dem Binnengewässer **Müritz**[597] – Abb. 76b, oben
    - in Mecklenburg-Vorpommern bei **Waren, Röbel und Neustrelitz**
    - Parallele zum 1. Rang in HEplus, dem NLP Kellerwald-Edersee:
        - Deutschlands größtes pRG35(GES) ≙ Nationalpark[598]
    - 6-mal größer als das größte pRG35(GES) Hessens
    - eine der attraktivsten Tourismusregionen Deutschlands (s.u.)
- Rang 2: **288 km²**, die Elbmündung und eher ein Artefakt des Modells D, weil andere Faktoren (Schiffsverkehr) gegen ein wRG sprechen
- Rang 3: **257 km²**, fast deckungsgleich mit den **Allgäuer Alpen** – Abb. 76b, unten
    - in Bayern bei **Sonthofen** und **Oberstdorf**
    - **größtes *land*gebundenes** pRG35
    - eine der attraktivsten Tourismusregionen Deutschlands (s.u.)

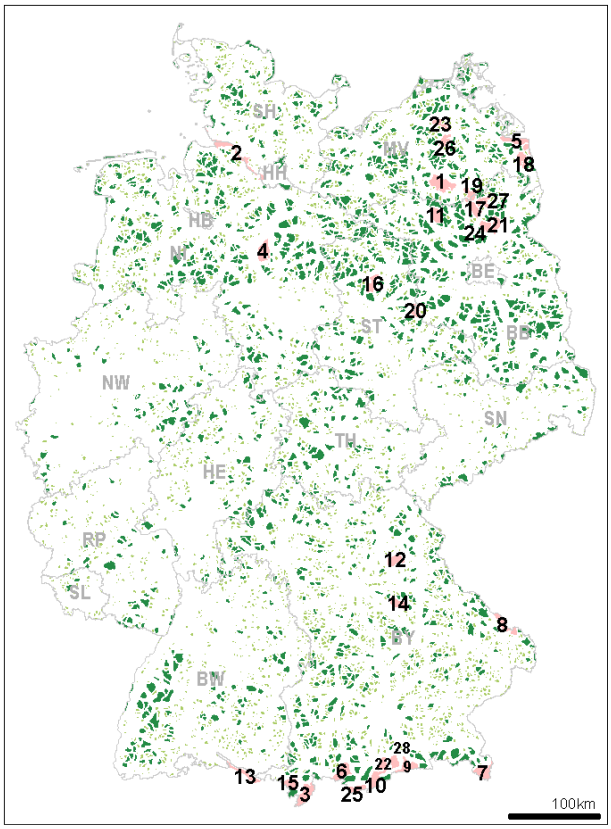
---

[596] Auswertung aufgrund der in UGRdL (2008) abgedruckten UZVR-Deutschlandkarte: *Kein* UZVR sind der Bodensee (Tab. 83: Nr. 13) und die Elbmündung (Tab. 83: Nr. 2). Letztere dürfte auch nur beschränkt oder gar nicht pRG35 sein.
[597] Die Müritz ist nach dem Bodensee das zweitgrößte Binnengewässer Deutschlands. Fläche = 109 km² (Brockhaus, 2006).
[598] HEplus: Hessens größtes pRG35(GES) stimmt gut mit dem Nationalpark Kellerwald-Edersee überein. Beim Edersee handelt es sich i. Ggs. zur Müritz um einen künstlichen Stausee.

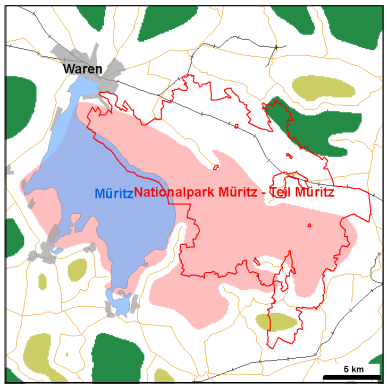
Tab. 83: Deutschland: Rangliste der 28 pRG35(GES)-Großgebiete (A > 100 km²).
Legende: R = Rang bzgl. der pRG-Fläche, BL = Bundesland, abgekürzt gemäß Tab. 6, S. 72, NLP = Nationalpark, NP = Naturpark, BSR = Biosphärenreservat, TrÜbPl = Truppenübungsplatz.
Datengrundlage der UZVR: a) Lage: UGRdL (2008). b) Flächen der UZVR in Bayern: LfU-Bayern (2009).
Fläche, UZVR: Die Flächen der 12 bayrischen pRG35(GES) werden mit den Flächen der dortigen UZVR verglichen, weil hier Flächenangaben leicht verfügbar sind. Bei den restlichen 16 pRG35(GES) wird nur geprüft, ob sie mit einem UZVR zusammenfallen ⇨ „k.A." = Ja = pRG35 und UZVR fallen zusammen, ABER: k.A. zur Fläche. „-" = Nein. Lage der pRG35(GES): s. Abb. 76, dortige Nummer = Rang R hier.

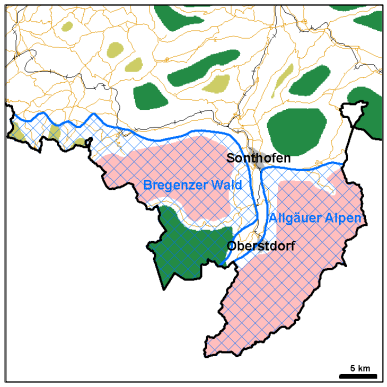
R	Fläche		BL	Flächennutzung z.T. nur auf Teilflächen	Bemerkung
	pRG35(GES)	UZVR			
1	305 km²	k.A.	MV	NLP Müritz-Teil Müritz + Müritz (Binnengewässer)	**größtes pRG35 in D**, s. Abb. 76b, oben, um Waren, Röbel, Neustrelitz
2	288 km²	-	HH NI SH	Elbmündung	von Hamburg bis Balje. In Realität: stark befahrene Wasserstraße, pRG35 fraglich, nur Ruhe auf dem Wasser
3	257 km²	307 km²	BY	Allgäuer Alpen	**größtes landgebundenes** pRG35, s. Abb. 76b, unten, um Sonthofen, Oberstdorf
4	221 km²	k.A.	NI	TrÜbPl Bergen	-
5	216 km²	k.A.	MV	NP Am Stettiner Haff	80 % entfallen auf die Ostsee, weil die Deutschlandgrenze in den GIS-Daten hier über die Ostsee verläuft
6	208 km²	307 km²	BY	Ammergebirge	um Schwangau, Hallblech, Ettaler Forst, Saulgrub, Wildsteig
7	186 km²	290 km²	BY	NLP Berchtesgaden	-
8	181 km²	286 km²	BY	NLP Bayrischer Wald	Der **Nationalpark Šumava (Böhmerwald)** in der benachbarten Tschechischen Republik erweitert das pRG um etwa die gleiche Fläche ⇨ ~360 km²
9	177 km²	276 km²	BY	Mangfallgebirge	um Rottach-Egern, Kreuth, Bayrischzell, Schliersee
10	161 km²	259 km²	BY	Karwendelgebirge	um Mittenwald, Rechen, Fall. Eine nicht in GIS-Daten vorhandene Staatsstraße durchschneidet das pRG
11	160 km²	k.A.	BB	TrÜbPl Wittstock	„Bombodrom", inzw. „stillgelegt"
12	158 km²	115 km²	BY	TrÜbPl Grafenwöhr	-
13	152 km²	-	BW	Bodensee	Randeffekte durch nicht berücks. STR am Südufer; Fläche: geschätzt
14	144 km²	280 km²	BY	TrÜbPl Hohenfels	-
15	143 km²	212 km²	BY	NP Nagelfluhkette	um Oberstaufen, Balderschwang, Hittisau. NP nicht in GIS-Daten vorh., da erst im Januar 2008 ausgewiesen. Erster *grenzüberschreitender* NP zwischen Deutschland u. Österreich, s. Abb. 76b, unten
16	130 km²	k.A.	ST	TrÜbPl Altmark, + NP Collbitz-Letzlinger-Heide	-
17	128 km²	k.A.	BB	NP Uckermärkische Seen	um Templin, Fürstenberg/Havel, Zehderick, Lychen
18	123 km²	k.A.	MV	TrÜbPl Jägerbrück + NP Am Stettiner Haff	-
19	122 km²	k.A.	BB MV	NLP Müritz-Teil Serrahn	-
20	121 km²	k.A.	BB	TrÜbPl Altengrabow	NP z.T. im TrÜbPl gelegen

R	Fläche		BL	Flächennutzung z.T. nur auf Teilflächen	Bemerkung
	pRG35(GES)	UZVR			
			ST	+ NP Hoher Fläming	
21	116 km²	k.A.	BB	BSR Schorfheide-Chorin	-
22	112 km²	193 km²	BY	**kein großflächiges Schutzgebiet bekannt**	um Benediktbeuern, Bad Tölz, Walchensee
23	110 km²	k.A.	MV	**kein großflächiges Schutzgebiet bekannt**, starke landwirtschaftliche Nutzung	Trebel-Auen, westlich Demmin
24	108 km²	k.A.	BB	BSR Schorfheide-Chorin	-
25	108 km²	181 km²	BY	Wettersteingebirge	-
26	104 km²	k.A.	MV	NP Mecklenburgische Schweiz und Kummerower See	-
27	103 km²	k.A.	BB	NP Uckermärkische Seen	-
28	103 km²	208 km²	BY	Tegernseer Berge	-



a) pRG35(GES)





b) oben: R = 1, unten: R = 15 und 3

Bundesland

pRG35(GES) mit Flächen

A > 100 km² inkl. Rang: 1-28
A = 10-100 km²
A ≤ 10 km²

Deutschland
Ortschaft
Straße
Schiene
pRG35 mit A > 100 km²
Gewässer
Landschaftstyp
Nationalpark

c) Legende

Abb. 76: Deutschland: Lage der 28 pRG35(GES)-Großgebiete mit A > 100 km².

Legende: Nummer = R in Tab. 83 = flächenbezogener Rang des pRG35; „1“ = größtes pRG35 Deutschlands.

Hinweis: Eine Vergrößerung der Deutschlandkarte befindet sich auf dem hinteren Deckblatt der Arbeit.

Speziell **für Hessen** lassen sich aus Modell D folgende Aussagen ableiten:

- Die 5 größten hessischen pRG35 liegen in D auf Rang 88, 107, 135, 150 und 193
- Das größte hessische pRG35(GES = STR + SCH) aus D stimmt mit dem größten pRG35(STR) aus HEplus gut überein (57,3 km² ~ 63,8 km²). Tatsächlich wird es durch den in D fehlenden FLG stark beeinträchtigt und schrumpft bei GES = STR + SCH + *FLG* auf 28,0 km², s.S. 306: Abb. 67c, Pfeil und Tab. 75, S. 310
    - 6-mal kleiner als das größte pRG35 Deutschlands: 57 km² ⇔ 305 km²
- Für das mit dem NLP Kellerwald-Edersee zusammenfallende pRG35 gilt:
    - in D: 43,1 km² ⇨ Rang 4 in Hessen u. Rang 150 in Deutschland
    - in HEplus-STR: 52,9 km² ⇨ Rang 3, s.S. 308
    - in HEplus-GES: 52,9 km² ⇨ Rang 1, s.S. 308 und Abb. 69b, S. 312
- In den meisten Fällen stimmen die pRG35 der Modelle D und HEplus gut überein, s. Tab. 75 (S. 310), Abb. 69 (S. 312) und Abb. 69b (S. 312)

Wie schon mehrfach erwähnt, müssen die pRGx erst noch auf andere Lärmquellen und sonstige Faktoren hin übergeprüft werden, damit sie den Zusatz „potentiell" verlieren und sich als wahre Ruhige Gebiete (wRG) erweisen (s. Abb. 5, S. 116). Erste Abschätzungen hierzu können bereits einfache Internetrecherchen oder GIS-Abfragen liefern:

- Internetrecherchen: siehe die letzten beiden Spalten in Tab. 83 sowie die Anmerkungen zum Bodensee und zum NLP Bayrischer Wald/Böhmerwald (S. 336)
- GIS-Abfragen ergeben, dass für den in D vernachlässigten Fluglärm gilt:
    - **Näher als 20 km** (50 km) an einem Flughafen liegen **11 % (55 %) der pRG35** insgesamt – und **11 % (68 %) der pRG35-Großgebiete**.
    - Es ist davon auszugehen, dass FLG diese pRG beeinträchtigt[599]

Genauere FLG-Berechnungen, Detailuntersuchungen und Ortsbegehungen (s. Kap. 2.1, S. 80) lassen sich auf diese Art und Weise meist nicht ersetzen, wohl aber vorbereiten.

8.3.6 pRG35(GES)-Großgebiete und aktuelle Flächennutzung

Die aktuelle Flächennutzung in den 28 pRG35(GES)-Großgebieten zeigt Tab. 84.

Tab. 84: Aktuelle Flächennutzung in den pRG35(GES)-Großgebieten aus Modell D.

Legende: Farbe = Eignung der pRG35(GES) als Ruhige Gebiete nur *aufgrund der Flächennutzung: dunkelgrün = sehr gut, hellgrün = gut, rot = schlecht, grau = uneinheitlich o. unklar.*

Beachte: 5 Doppelnutzungen[600] ⇨ Gesamtanzahl (Summe) erhöht sich in dieser Tabelle von 28 auf 33

Flächennutzung	Anzahl der pRG35(GES)
Nationalpark (NLP)	4
Naturpark (NP)	8
Biosphärenreservat (BSR)	2
Gebirge	6
Gewässer	4
Truppenübungsplatz	7
Sonstiges	2

[599] Die GIS-Abfrage bezieht sich auf die 18 „Internationalen Flughäfen" und 20 „Regionalflughäfen" in Deutschland, die der Einfachheit halber nicht weiter differenziert werden. Ein pRG35 wird als „näher als ..." gezählt, wenn ein Teil von ihm in den 20- bzw. 50-km-Radius um den Flughafen fällt. Das in HEplus am stärksten durch FLG beeinträchtigte pRG35 (56 % Flächenverlust) liegt ca. 40 km vom Flughafen Frankfurt am Main entfernt (s. Kap. 7.4.3, S. 306). Wesentlich genauer als durch die hier verwendeten „Einflussradien" lassen sich die FLG-Belastungen mit Hilfe von Akustik-Modellen berechnen. Die dafür benötigten DES waren jedoch nicht verfügbar, so dass darauf verzichtet werden musste (s. Kap. 8.1, S. 327).

[600] Doppelnutzungen: a) 1 der 28 pRG35 (Rang 1 in Tab. 83) ist Nationalpark und Gewässer. b) 1 der 28 pRG35 (Rang 5) ist Naturpark und Gewässer (Ostsee) und c) 3 der 28 pRG35 (Rang 16, 18 u. 20) sind Truppenübungsplatz und Naturpark.

Zur Flächennutzung der **pRG35(GES)-Großgebiete** lässt sich feststellen:

- **14** fallen ganz oder teilweise mit Großschutzgebieten nach BNatSchG zusammen – sind also NLP, NP oder BSR
- **10** sind als attraktive „Tourismusregionen" einzustufen: die 6 Gebirge, 3 der 4 Gewässer (Müritz, Ostsee u. Bodensee: Rang 1, 5 und 13 in Tab. 83) und 1 der 2 Sonstigen (Benediktbeuern, Bad Tölz, Walchensee: Rang 22)
- die **7 Truppenübungsplätze** scheiden momentan als Ruhige Gebiete *für den Menschen* aus, weil sie während der aktiven Nutzung durch militärischen Lärm beeinträchtigt und außerdem der Öffentlichkeit nicht zugänglich sind („Sperrgebiete")
    - Ausnahme: Zu den 7 Truppenübungsplätzen gehört auch der **TrÜbPl Wittstock**, besser bekannt als **„Bombodrom"** (Rang 11). Hier wurde zunächst 2009 die geplante Nutzung als Luft-Boden-Schießplatz und 2010 die gesamte militärische Nutzung von der Bundeswehr aufgegeben (BMVg, 2010). Damit gehört die Fläche wieder zum allgemeinen Grundvermögen des Bundes und es besteht die Chance, das 160 km² große pRG35 in die bestehende touristische Infrastruktur – z.B. die sich nördlich anschließende Mecklenburgische Seenplatte mit Müritz, NLP Müritz und dem größten deutschen pRG35 (305 km²) – einzubinden
    - Das Beispiel zeigt: Die **pRG35-Karte** weist auch auf **Entwicklungspotentiale** hin, indem sie Flächen enthält, die zwar heute keine Ruhigen Gebiete sind, aber künftig solche werden können, wenn man die derzeitige Nutzung aufgibt, die entstehenden **Konversionsflächen** zum Ruhigen Gebiet erklärt und sodann geeignet schützt
- Die **2** restlichen pRG kommen ebenfalls als Ruhige Gebiete kaum in Frage:
    - Das 3. Gewässer: Die Elbe von Hamburg bis zur Mündung (Rang 2), wo Ruhe – wie bei allen Gewässern – nur **Wassertouristen** genießen können. Angesichts des starken Schiffsverkehrs dürfte der Genuss hier allerdings eher fraglich sein.
    - Das 2. Sonstige: Ein pRG35 in Mecklenburg-Vorpommern, das sich von Demmin nach Nordwesten bis zur A20 erstreckt (Rang 23). Es wird fast mittig von der teilweise noch in Mäandern fließenden **Trebel** durchzogen, ist ansonsten aber durch eine starke landwirtschaftliche Bodennutzung im ehemaligen Auenbereich geprägt. Ein Ruhiges Gebiet (i.S. eines wRG), das nicht nur lärmfrei ist, sondern auch andere positive nicht-akustische Eigenschaften aufweist, dürfte hier wohl erst nach umfangreichen **Entwicklungsmaßnahmen** (z.B. Renaturierung) denkbar sein. Solche sind als langfristige Perspektive aber nicht von vornherein ausgeschlossen, weil die Trebel durchaus Entwicklungspotentiale aufzuweisen scheint

Damit sind von den 28 pRG35(GES)-Großgebieten heute:

- **73 %** **Teile besonders attraktiver Tourismusregionen** (Tab. 84: grün)
    - Eignung als Ruhige Gebiete: *Ja*
- 21 % Truppenübungsplätze
    - Eignung als Ruhige Gebiete: *Nein*, ABER: Entwicklungspotentiale
- 6 % anderweitig genutzt
    - Eignung als Ruhige Gebiete: *Unklar*, ggf. Entwicklungspotentiale

Die Ergebnisse stehen in Einklang mit den Ausführungen in Kap. 7.5.6 (S. 324): pRG35(GES)-Großgebiete steigern einerseits den Wert bestehender Schutz- und Erholungsgebiete sowie ganzer Regionen, indem sie (Teil)flächen mit der zusätzlichen Eigenschaft (Qualität) „Ruhe" aufwerten und für eine **2-fach hochwertige Qualität** sorgen[601]. Andererseits gibt es auch pRG35, die momentan keine oder nur eine geringe Bedeutung für Naturschutz, Erholung usw. besitzen, sich aber *allein* durch eine hohe Ruhequalität auszeichnen. Hier wäre zu wünschen (s. Kap. 2.3, S. 87), diese pRG35 mögen als Initialzünder dienen, damit künftig weitere positive Faktoren gefördert und negative beseitigt werden.

8.3.7 Allianz: Gesundheit & Wohlbefinden, Tourismus, Erholung & Ruhe

Die 73 % der pRG35(GES)-Großgebiete lesen sich wie

- ein **„Who's who" der attraktivsten Tourismusregionen Deutschlands**[602]

Die pRG35 markieren die Kernbereiche dieser Regionen und eignen sich daher in besonderem Maße zur **ruhebedürftigen Erholung**[601].

Innovative Akteure sollten sich deshalb zu einer **Allianz** zusammenfinden und z.B. folgende **Maßnahmen i.w.S.** (s.S. 346) umsetzen:

- Sie nutzen die pRG35 als Qualitätssiegel und Werbeträger für ihre Region
- Sie machen den Wert von Natur, Landschaft und *Ruhe* für die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden bewusst und betreiben **Werbung** dafür[603]
- Sie betonen gleichzeitig den Eigenwert von Ruhe als Natur- und Kulturgut
- Sie erstellen bestmögliche Lärm- *und* Ruhekarten, betreiben eine bestmögliche Lärmaktionsplanung und setzen – mit gutem Beispiel vorangehend – viele wirkungsvolle Maßnahmen zur Lärmbekämpfung und zum Ruheschutz um
- Sie handeln effektiv und effizient
- Sie engagieren sich in hohem Maße für Ruhige Gebiete und Lärmbekämpfung

Diese und weitere Aktivitäten (s.a. Kap. 9) sollten sich keinesfalls auf die pRG35(GES)-Großgebiete (> 100 km²) beschränken. Ganz im Gegenteil: Menge, Größe und Verteilung der kartierten pRG35 deuten darauf hin, dass sich auch viele der kleineren pRGx bei genauerem Hinsehen tatsächlich als wahre Ruhige Gebiete entpuppen werden. So unterschiedlich wie die örtlichen Randbedingungen, so maßgeschneidert und vielfältig sollten auch die Initiativen eines **koordinierten Schutzes** sein – **von der pRGx-Kleinstfläche bis zum pRGx-Großgebiet**.

Mit koordinierten Gemeinschaftsaktionen ließen sich auch

- die **Ziele** der END **erreichen** und
- ein **Scheitern** von Lärmbekämpfung und Ruheschutz **verhindern**[604]

[601] Unter dem Vorbehalt, dass die pRG35 in Modell D nur STR und SCH berücksichtigen, nicht aber FLG, weitere Lärmarten, andere akustische und nicht-akustische Faktoren (s. Abb. 5, S. 116).
[602] Siehe Tab. 83, die letzten beiden Spalten.
[603] Siehe Kap. 2.3 (S. 87), insb. Kap. 2.3.4-2.3.8 (S. 91-105).
[604] Siehe Abb. 2 (S. 66) und Abb. 4 (S. 77).

9. Schutz Ruhiger Gebiete

Ruhige Gebiete lassen sich wie folgt schützen:

- durch rechtliche Vorgaben – Kap. 9.1
- durch konkrete Schutzmaßnahmen – Kap. 9.2
- durch vorbildliche praktische Beispiele – Kap. 9.3

Das Kapitel ist handlungsorientiert ausgerichtet.
Es soll Anregungen zum Schutz Ruhiger Gebiete liefern, die im Einzelfall zu prüfen sind.

9.1 Rechtliche Vorgaben

Die in Deutschland bestehenden rechtlichen Vorgaben[605] zum Schutz Ruhiger Gebiete

- unterscheiden sich in ihrer Bindungswirkung:
  - rechtsverbindlich: EU-Recht, Gesetze, Verordnungen, Satzungen etc.
  - nicht-rechtsverbindlich: LAI-Hinweise, wissenschaftl. Empfehlungen etc.
- betreffen entweder die Ruhigen Gebiete als Schutzgut oder die Lärmquellen:
  - direkt schützend = Schutz der Ruhe
  - indirekt schützend = Lärmbekämpfung
- entstammen verschiedenen Rechtsquellen:
  - Lärmschutzrecht: s. Tab. 85 (S. 344) und Abb. 78 (S. 358)
    - direkt u. indirekt schützend: END, BImSchG, 34. BImSchV etc.
  - sonstiges Recht: s. Abb. 78
    - fachübergreifend: ROG, BauGB etc.
    - direkt schützend: BNatSchG, BWaldG etc.
    - indirekt schützend: FStrG, AEG, PBefG, LuftVG, StVO etc.

Tab. 85 (s. nächste Seite) zitiert die wichtigsten Vorgaben des Lärmschutzrechts und bewertet sie dahingehend, ob sie überhaupt einen Beitrag zum Schutz Ruhiger Gebiete liefern, wie konkret dieser ausfällt und wie wirksam er zu sein scheint:

Bewertung	gut	mittel-unklar	schlecht

Ein dauerhaft wirksamer Schutz hängt nicht nur von der rechtlichen Ausgestaltung der Schutzpflichten und -maßnahmen (Nr. 3 in Tab. 85) ab, sondern auch von den vor- und nachgelagerten Prozessschritten (Nr. 1-2 bzw. 4-8).[606] Diese sind folglich ebenfalls mit aufgeführt.

[605] Abkürzungen: LAI = Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, BImSchG = Bundesimmissionsschutzgesetz, BImSchV = Bundesimmissionsschutzverordnung, ROG = Raumordnungsgesetz, BauGB = Baugesetzbuch, BNatSchG = Bundesnaturschutzgesetz, BWaldG = Bundeswaldgesetz, FStrG = Bundesfernstraßengesetz, AEG = Allgemeines Eisenbahngesetz, PBefG = Personenbeförderungsgesetz, LuftVG = Luftverkehrsgesetz, StVO = Straßenverkehrsordnung.
[606] Bei einer 1:1-Kartierung scheitert der Schutz z.B. schon daran, dass das Schutzgut nicht zu finden ist, s. Kap. 1.3.3, S. 73.

Tab. 85: Lärmschutzrechtliche Vorgaben für Ruhige Gebiete in END, BImSchG etc.
Legende: Kästen = Zitate. Art. 8 Abs. 1 gilt mit kleineren Schwellen auch für die 2 ff. Stufe (s. Art. 8 Abs. 2).

Nr.	Ruhige Gebiete Aspekt	Rechtsverbindliche Normen	
		END vom 25.06.2002	**BImSchG** vom 30.06.2005
1	Definition	**Land:** Art. 3 lit. m m) „ruhiges Gebiet auf dem Land" ein von der zuständigen Behörde festgelegtes Gebiet, das keinem Verkehrs-, Industrie- und Gewerbe- oder Freizeitlärm ausgesetzt ist; **Ballungsraum:** Art. 3 lit. l l) „ruhiges Gebiet in einem Ballungsraum" ein von der zuständigen Behörde festgelegtes Gebiet, in dem beispielsweise der L_{den}-Index oder ein anderer geeigneter Lärmindex für sämtliche Schallquellen einen bestimmten, von dem Mitgliedstaat festgelegten Wert nicht übersteigt;	*Keine* Konkretisierung *Keine* Konkretisierung, *kein* LDEN-Index, *kein* anderer Lärmindex
2	Kartierung	Nein	Nein
3	Schutz	Art. 8 Abs. 1 **Aktionspläne** (1) Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass bis zum 18. Juli 2008 von den zuständigen Behörden Aktionspläne ausgearbeitet werden, mit denen in ihrem Hoheitsgebiet Lärmprobleme und Lärmauswirkungen, erforderlichenfalls einschließlich der Lärmminderung, geregelt werden für … **Land:** *Fortsetzung* … a) Orte in der Nähe der Hauptverkehrsstraßen mit einem Verkehrsaufkommen von über sechs Millionen Kraftfahrzeugen pro Jahr, der Haupteisenbahnstrecken mit einem Verkehrsaufkommen von über 60 000 Zügen pro Jahr und der Großflughäfen; … **Ballungsraum:** *Fortsetzung* … b) Ballungsräume mit mehr als 250 000 Einwohnern. Ziel dieser Pläne soll es auch sein, ruhige Gebiete gegen eine Zunahme des Lärms zu schützen.	§ 47d Abs. 2 S. 2 **§ 47d Lärmaktionspläne** (2) … Ziel dieser Pläne soll es auch sein, ruhige Gebiete gegen eine Zunahme des Lärms zu schützen.
		Art. 8, *Fortsetzung* Die in den Plänen genannten Maßnahmen sind in das Ermessen der zuständigen Behörden gestellt, sollten aber insbesondere auf die Prioritäten eingehen, die sich gegebenenfalls aus der Überschreitung relevanter Grenzwerte oder aufgrund anderer von den Mitgliedstaaten festgelegter Kriterien ergeben, und insbesondere für die wichtigsten Bereiche gelten, wie sie in den strategischen Lärmkarten ausgewiesen wurden. Art. 3 lit. t und lit. u t) „Aktionsplan" einen Plan zur Regelung von Lärmproblemen und von Lärmauswirkungen, erforderlichenfalls einschließlich der Lärmminderung; u) „akustische Planung" den vorbeugenden Lärmschutz durch geplante Maßnahmen wie Raumordnung, Systemtechnik für die Verkehrssteuerung, Verkehrsplanung, Lärmschutz durch Schalldämpfungsmaßnahmen und Schallschutz an den Lärmquellen;	§ 47d Abs. 6 **§ 47d Lärmaktionspläne** (6) … § 47 Abs. 3 Satz 2 und Abs. 6 gilt entsprechend. i.V.m. § 47 Abs. 3 S. 2 u. Abs. 6 **§ 47 Luftreinhaltepläne, …** (3) … Bei der Aufstellung dieser Pläne sind die Ziele der Raumordnung zu beachten; die Grundsätze und sonstigen Erfordernisse der Raumordnung sind zu berücksichtigen. (6) Die Maßnahmen …sind durch Anordnungen oder sonstige Entscheidungen der zuständigen Träger öffentlicher Verwaltung nach diesem Gesetz oder nach anderen Rechtsvorschriften durchzusetzen. Sind in den Plänen planungsrechtliche Festlegungen vorgesehen, haben die zuständigen Planungsträger dies bei ihren Planungen zu berücksichtigen.
4	Festlegung	Ja, s.o. Art. 3 lit. m und l	*Keine* Konkretisierung
5	Information	Ja	Ja
6	Meldung	Nein	Nein
7	Monitoring	Nein	Nein
8	Evaluation der rechtl. Vorgaben	**Land:** Ja ⇨ *ohne* Ergebnis (EU, 2011) **Ballungsraum:** Nein	Nein
34. BImSchV – Verordnung über die Lärmkartierung vom 06.03.2006			
Ruhige Gebiete werden nicht erwähnt ⇨ *keine* Regelungen			
xx. BImSchV – Verordnung über die Lärmaktionsplanung			
Ursprünglich geplant, jetzt aber von der Bundesregierung nicht mehr für erforderlich gehalten (Drucksache 16/7798, 2008)			
***Nicht* rechtsverbindliche Dokumente**			
LAI – Hinweise zur Lärmkartierung vom 02.03.2011			
Ruhige Gebiete werden nur 1-mal erwähnt ⇨ keine Regelungen			
LAI – Hinweise zur Lärmaktionsplanung vom 25.03.2009, S. 5 u. 6			
Land:	Ruhige Gebiete sind deshalb zunächst in den Bereichen zu suchen, die gemäß § 4 Abs. 4 der 34. BImSchV nicht kartiert wurden.		
Ballungsraum:	Anhaltspunkt … Größe von über 4 km2 (sic!) und auf dem überwiegenden Teil der Flächen … L_{DEN} ≤50 dB(A) (sic!) aufweisen. Davon ist in der Regel auszugehen, wenn in den Randbereichen ein Pegel von L_{DEN} = 55 dB(A) nicht überschritten wird und keine erheblichen Lärmquellen in der Fläche vorhanden sind.		
GPG – Good Practice Guide vom 13.08.2007, p. 49-50 u. 50-51 (WG-AEN, 2006a)			
Land:	… recommends that in the interim period up until the EC reports on the implementation of the END in 2009, Member States should have regard to the … EC sponsored study … as a starting point for defining quiet areas in rural environments. Further research into quiet areas (in both urban and rural areas) needs to be undertaken at a European level.		
Ballungsraum:	… can only be relatively quiet … it may be appropriate to set standards in terms of Ld and Le … … could be, for example, a private garden or a large private estate, it is recommended that a special emphasis is placed on recreational areas normally accessible to the general public, which can provide respite from the high noise levels often experienced in busy urban environments.		

Die END definiert nicht, was Ruhige Gebiete sind. Sie postuliert aber die Existenz von 2 verschiedenen Arten (Land, Ballungsraum) und erteilt den Mitgliedstaaten einen 3-teiligen Auftrag: Ruhige Gebiete sind durch Kriterien zu definieren *und* dann festzulegen *und* schließlich zu schützen (Nr. 1, 4 und 3 in Tab. 85).
Die Bundesrepublik Deutschland hat diese END-Pflichten *nicht* rechtsverbindlich erfüllt:

- *Keine* Kriterien für die Definition von Ruhigen Gebieten (Nr. 1)
- *Keine* Kriterien für die Festlegung von Ruhigen Gebieten (Nr. 4)
- *Keine* Kriterien für den Schutz Ruhiger Gebiete durch Lärmaktionspläne (Nr. 3)

⇨ Deutschland fehlt es an Zielen für den Ruheschutz

⇨ *Keine* **1:1-Umsetzung** der END, **sondern** nur eine „**1:1 - x"**-Umsetzung[607]

Erstaunlicherweise enthalten die beiden einzigen amtlichen Dokumente, die sich der Kartierung widmen – 34. BImSchV und LAI-Hinweise zur Lärmkartierung – keine Aussagen, wie Ruhige Gebiete zu kartieren sind. Solche finden sich erst in den 2009 – und damit 2 Jahre nach Abschluss der ersten Kartierungen (1. Stufe) – überarbeiteten LAI-Hinweisen zur Lärmaktionsplanung. Die Kernaussage lautet (LAI, 2009, S. 5):

- „Ruhige Gebiete sind … in den Bereichen zu suchen, die … nicht kartiert wurden."

Sie gilt bei genauer Betrachtung sowohl auf dem Land als auch im Ballungsraum.[608] Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Kartierungen bestätigen das.[609]
Damit wird eine **1:1-Kartierung**, welche streng den Mindestanforderungen der END genügt, **ad absurdum** geführt, denn für sie bleibt nur festzustellen (s.a. Kap. 1, S. 66):

- Nach der Kartierung ist vor der Kartierung = kein Informationsgewinn:
  - Wo Ruhige Gebiete liegen, ist nach der Kartierung so unbekannt wie zuvor

⇨ **Die Kartiermethode der END ist *un*geeignet, das Schutzgut zu finden**

Abhilfe kann nur ein Paradigmenwechsel schaffen, der darin besteht, ohne Schwellenwerte (DTV-, Pegelschwellen usw.) zu kartieren – so wie in dieser Arbeit praktiziert.

Die END beschränkt sich auf rahmensetzende Verfahrensregelungen und gibt keine materiell-rechtlichen Standards oder Umweltqualitätsziele – z.B. EU-weite Grenzwerte – vor, verpflichtet aber die Mitgliedstaaten, solche selbst festzulegen – sei es in Form von L_{DEN}-Indizes, Grenzwerten[610] oder anderen Kriterien (Nr. 1 u. 3). Diese von der END zum *ordnungsgemäßen* Vollzug vorausgesetzten Standards (Ziele) fehlen bis heute in Deutschland (s.o.). Außerdem wurden die Inkonsistenzen der END durch „… die unselige Praxis des bloßen Abschreibens … im Sinne einer … falsch verstandenen ‚1:1'-Umsetzung" (Blaschke, 2010, S. 318) in das BImSchG übertragen und dort eher noch verstärkt als geheilt.
Immerhin stellt § 47d BImSchG klar, dass nicht nur Ruhige Gebiete im Ballungsraum, sondern auch auf dem Land, zu schützen sind.[611] Da es sich um eine **Soll-Vorschrift** han-

---

[607] In Anlehnung an Richard (2007, S. 19): „EU 1:1 + x, die Formel für eine erfolgreiche Lärmminderungsplanung".

[608] Das Flächenkriterium A > 4 km² verkennt die Bedeutung der kleinen *wohnungsnahen* Ruhigen Gebiete. Wird es für die pRG35(STR) und die 5 hessischen Ballungsräume angewandt, dann liefert es folgende Ergebnisse:

- 21 Ruhige Gebiete mit A = 4,5-34,7 km² existieren in den 5 Ballungsräumen:
  - **alle** überschreiten die Gemeindegrenzen, liegen also an der Peripherie, d.h. i. Allg. weit weg von Wohngebieten
- nur 10 davon wären durch gemeinde*scharfe* Kartierungen direkt zu finden:
  - 4 in Darmstadt, 3 in Wiesbaden, 2 in Kassel, 1 in Frankfurt und 0 in Offenbach – jetzt mit A = 4,1-22,9 km²

[609] Siehe Kap. 6.6.4 (S. 253) und auch Kap. 1.4 (S. 74) sowie S. 110: Tab. 15, Nr. 2.

[610] Der **Grenzwertbegriff der END** umfasst die deutschen Grenz- *und* Richtwerte, s. Fußnote 36, S. 68.

[611] Art. 3 Abs. 1 END formuliert den Schutzauftrag direkt im Abschluss an die unter b) genannten Ballungsräume – s.o.: Tab. 85, Nr. 3. Deshalb scheint es naheliegend zu sein, ihn auch nur auf diese zu beziehen (Blaschke, 2010). Genauso denkbar ist jedoch, dass in der END – z.B. aus einem redaktionellen Versehen heraus – lediglich ein Zeilenumbruch vergessen wurde (Jäschke, 2007). Dann gälte der Schutzauftrag für beide Arten von Ruhigen Gebieten. Dafür spricht, dass bei der

delt, sollte jeder Lärmaktionsplan auch Aussagen zum Schutz Ruhiger Gebiete enthalten. Im Regelfall führt er die gegen eine Lärmzunahme erforderlichen **Maßnahmen** auf oder begründet im Ausnahmefall, warum solche entfallen. Letzteres ist denkbar, wenn z.B. tatsächlich keine Ruhigen Gebiete (mehr) existieren, die Gefahr einer Lärmzunahme nicht besteht oder den Schutzmaßnahmen andere Belange entgegenstehen (Hansmann, 2005b; Schulze-Fielitz, 2009; Blaschke, 2010).
Als **Maßnahmen i.w.S.** kommen in Betracht:

- **Alle Formen hoheitlichen Handelns** einschließlich akustische Planungen, „... verordnungsrechtliche oder wirtschaftliche Maßnahmen oder Anreize"[612]

Nichts anderes gilt auch im BImSchG (Blaschke, 2010), das lediglich hinsichtlich der Bindungswirkung unterscheidet:

- **Maßnahmen i.e.S.** – s.S. 358: Abb. 78, violette Kästen:
  - sind strikt durchzusetzen
  - Voraussetzung: Die zuständige Behörde wurde im Rahmen der Lärmaktionsplanung beteiligt, hat den Maßnahmen zugestimmt (Einvernehmen) und kann sie mit ihren Fachrechten rechtmäßig verwirklichen
- **planerische Festlegungen** – s.S. 358: Abb. 78, orange Kästen:
  - sind „nur" zu berücksichtigen
  - d.h. mit anderen Belangen abzuwägen und damit auch „wegwägbar"

Hierzu stellt Cancik fest (2008, S. 549, Hervorhebungen durch den Autor):

- „Der mögliche Inhalt eines Lärmaktionsplanes ist ... **mit größtmöglicher Unklarheit** beschrieben."

Die Aussage gilt umso mehr für den Schutz Ruhiger Gebiete (Nr. 1-8 in Tab. 85).

Die END ist – wie viele andere EU-Normen auch – von der Idee geprägt, Umweltprobleme durch einen *integralen* **Managementansatz** zu lösen (Hünnekens & Wittmann, 2007). Im Gegensatz dazu wird das traditionelle deutsche Umweltrecht vom Rechtsinstrument der **gebundenen Entscheidung** dominiert (s.a. Beckert, 2006), das zudem häufig stark *sektoral* eingeschränkt ist. Während es beim Managementansatz darauf ankommt, vorgegebene **Umweltqualitäts*ziele*** sicherzustellen, *ohne* den Weg dorthin allzu streng vorzugeben, wird in Deutschland versucht, eine gegebene Problemlage über eine Abfolge von mehreren Wenn-Dann-Prüfschritten auf einem weitgehend vorgezeichneten Weg möglichst eindeutig zu lösen:

- „**Wenn Bedingung B erfüllt ist, dann tritt Rechtsfolge R ein.**"

Konkret bedeutet das z.B.:

- „Wenn Bedingung B_1 erfüllt ist, dann liegt ein Ruhiges Gebiet vor."
- „Wenn Bedingung B_2 erfüllt ist, dann ist ein Ruhiges Gebiet zu schützen."

Gibt der Gesetzgeber die in Gang setzenden Bedingungen B_1 und B_2 nicht oder nicht konkret genug vor, dann bleiben häufig die Handlungen und Rechtsfolgen R ganz aus.
Das Dilemma besteht wohl darin, dass sowohl eine Synthese beider Systeme (zu einem neuen System) als auch ein vollständiger Systemwechsel (entweder EU oder Deutschland) nur schwer zu realisieren sind und zudem nicht eines der beiden Systeme per se besser sein dürfte, sondern dies jeweils von Umsetzung und Vollzug abhängt.

---

erstgenannten Lesart die END Ruhige Gebiete *auf dem Land* zwar in Art. 3 lit. m definieren, aber ansonsten an keiner anderen Stelle mehr erwähnen würde. Damit wäre aber auch die Definition überflüssig, weil sie rechtlich folgenlos bliebe.
[612] Zitat aus Anhang V Nr. 2 der END, siehe auch S. 344: Tab. 85, Nr. 3.

Die momentane IST-Situation lässt sich insgesamt wie folgt zusammenfassen:

- **Ruhige Gebiete sind**
  - *nicht* definiert
  - *nicht* zu kartieren – und mit 1:1-Kartierungen generell *nicht* kartierbar
  - zwar festzulegen und zu schützen – aber nur vor *zunehmendem* Lärm
  - *nicht* der EU-Kommission zu melden[613]
  - *nicht* zu überwachen
- Wie **Fremdkörper** erscheinen
  - die Ruhigen Gebiete in der *lärm*fokussierten END (Ruhe ⇔ Lärm)
  - die END im deutschen Lärmschutzrecht (Management ⇔ Wenn-Dann)
- Die Mitgliedstaaten sind verpflichtet, die END folgendermaßen umzusetzen:
  - auf Grundlage einer **langfristigen Strategie**
  - indem sie auch den **Gesamtlärm** bewerten und prognostizieren[614]

Für eine ausführliche Diskussion sei auf die juristische Fachliteratur und hier vor allem auf die rechtswissenschaftliche Dissertation von Blaschke (2010) verwiesen.

9.2 Handlungsmöglichkeiten

Die in Tab. 85 aufgeführten 8 Aspekte (Nr. 1-8) stellen 8 Handlungsebenen dar. Auf jeder Ebene sind zahlreiche Handlungsmöglichkeiten denkbar, um bestehende Richtlinien-, Umsetzungs- und Vollzugsdefizite zu beseitigen und dadurch den Schutz Ruhiger Gebiete zu verbessern. Vorstellbare Handlungsoptionen enthält die nicht als abschließend zu verstehende Tab. 86 (Nr. I-VIII ≙ Nr. 1-8).[615] Die letzte Spalte verweist auf Beispiele, die entweder bereits diskutiert wurden oder anschließend noch diskutiert werden.

Welche Maßnahmen überhaupt realisierbar sind, wie kurzfristig und auf welchem Schutzniveau, hängt von vielen Randbedingungen (Faktoren) ab, die sich zudem auf vielfältige Weise gegenseitig beeinflussen – beispielsweise (Reihenfolge ist keine Rangfolge):

- Organisation, Technik, Recht, …, Wissen, …, Denkmuster, Wertvorstellungen, …, Kultur – s. Abb. 78, S. 358[616]

Verantwortlich für die Maßnahmen sind viele Akteure: die zuständigen Behörden, Politik und Gesellschaft sowie jeder einzelne Mensch als Lärmverursacher *und gleichzeitig* Nutznießer der Ruhigen Gebiete. Allgemein bietet sich folgender **Ablauf** an: 1. SMARTe Ziele setzen 2. Gesamtstrategie entwickeln (Abb. 78, gelbe Kästen) 3. Randbedingungen ändern 4. Maßnahmenpakete *ganzheitlich* umsetzen – **parallel dazu:** 5. vorbildliche Beispiele realisieren (Kap. 9.3, S. 361) und damit Anreize schaffen, dass Nr. 3 verstärkt möglich ist.

---

[613] Nach Anhang V Nr. 1 der END haben die zuständigen Behörden der Kommission Maßnahmen zu melden, welche sie in den nächsten 5 Jahren zum Schutz Ruhiger Gebiete planen, nicht aber z.B. die konkrete Lage, Größe und Qualität der Ruhigen Gebiete. Die Öffentlichkeit ist gem. Art. 9 über die Lärmaktionspläne und folglich auch über die darin enthaltenen (= festgelegten) Ruhigen Gebiete zu informieren. Alternativ ist zu begründen, warum kein Ruhiges Gebiet festgelegt wurde.

[614] Siehe Anhang V Nr. 1 bzw. Art. 3 lit. r der END.

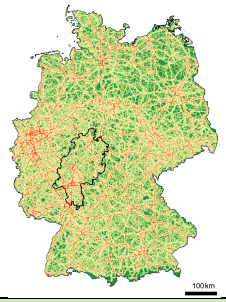
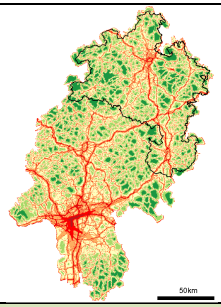
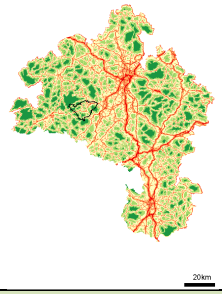
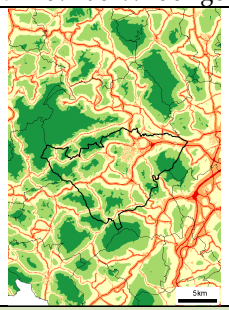
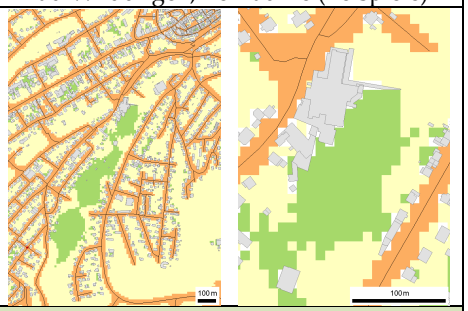
[615] Tab. 86 folgt aus einer Gesamtschau der in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse sowie der juristischen und akustisch-planerischen Fachliteratur: Penn-Bressel (2001), VCD (2003), Rumberg (2006), Strick (2006), Moradi Karkaj (2008), SRU (2008), UBA (2008), Stüer (2009), Blaschke (2010), BMVBS (2010b), LAI (2010), Milieu (2010), Mitschang (2010), UBA (2011b), EU (2011), Kment (2011), Beckmann et al. (2012) und Bielenberg, Runkel & Spannowsky (2012).

[616] In Abb. 78 stehen diese Randbedingungen demzufolge ganz oben über allen anderen Elementen und befinden sich in einem schwarzen Kasten, der als (schwarzer) Handlungsrahmen alle anderen Elemente umrandet. Symbolisch bedeutet das: Wenn sich die ein oder andere Randbedingung nicht ändert, werden auch bestimmte Maßnahmen zum Schutz Ruhiger Gebiete oder zur Lärmbekämpfung nicht möglich sein. Beispiele: 1) Nur wenn sich die Denkmuster ändern, wird ein Paradigmenwechsel hin zu *bestmöglichen* NICHT-1:1-Kartierungen möglich sein. 2) Nur wenn sich Rechtsnormen ändern, lassen sich mit der END a) auch Ruheräume für Tiere schützen oder b) raumbedeutsame Ruhige Gebiete durch einen *bundes*weiten Raumordnungsplan i.S.v. § 17 ROG schützen.

Tab. 86: Handlungsebenen und -möglichkeiten für einen besseren Schutz Ruhiger Gebiete (RG).

Handlungsebenen und **Handlungsmöglichkeit**	**Beispiel**
I Definition	
1. RG über Qualitäten definieren, nicht über Schwellenwerte (Pegel, Fläche, ...), um möglichst flexibel auf die vielfältigen örtlichen Verhältnisse reagieren und die (planerischen) Gestaltungsspielräume optimal ausnutzen zu können	S. 116: Tab. 18, pRGx in dieser Arbeit
II Kartierung	
2. Akustik-Modelle: a) auf Schwellenwerte verzichten, b) pauschale durch reale Parameter ersetzen und c) weitere Lärmarten berücksichtigen	HEplus in dieser Arbeit -
3. Weitere akustische und nicht-akustische Faktoren kartieren	-
4. Öffentlichkeit an Kartierung intensiv beteiligen: Ortstermine, Internet etc.	S. 77/ 116: Abb. 4/ Abb. 5
Beachte: Nr. 2, 3 und 4 möglichst effektiv u. effizient kombinieren	S. 66: Abb. 2
III Schutz	
5. Ziele formulieren:	
a) Pflichtziele: 2-polige Zielwerte mit Fristen, um sowohl eine einklagbare Grundversorgung mit Ruhe als auch Lärmbekämpfung zu garantieren	S. 351: Tab. 88
b) Kürziele: Anreize schaffen, damit die Verantwortlichen eine *bessere* Ruheversorgung und Lärmbekämpfung *schneller* sicherstellen	-
6. Defizite der END beseitigen	S. 67/ 74: Tab. 4/ Tab. 7
7. Defizite des deutschen Lärmschutzrechts beseitigen	S. 352: Tab. 89
8. Modernes Lärm- u. Ruhemanagement als Teil eines **ganzheitlichen Umwelt- u. Gesundheitsmanagements** etablieren und das bestehende Planungs- u. Zulassungssystem daraufhin ausrichten, d.h. weiterentwickeln	S. 87: Kap. 2.3 S. 358: Abb. 78
9. Klassische Lärmminderungsmaßnahmen durchführen	S. 354/ 355: Tab. 90/ Tab. 91
10. Zusätzliche Maßnahmen zum Schutz Ruhiger Gebiete durchführen	S. 361: Kap. 9.3
11. Schutzverständnis erweitern:	
• IST: Bestandsschutz = Status-quo-Erhalt = Lärm*zu*nahme verhindern	S. 344/ 351: Tab. 85/ Tab. 88
• SOLL: kontinuierlicher Verbesserungsprozess, um zusätzlich die Qualität u. Größe der bestehenden RG zu steigern sowie neue RG zu schaffen	S. 68: Fußnote 35
• Allianz: Gesundheit & Wohlbefinden, Tourismus, Erholung & Ruhe	S. 342: Kap. 8.3.7
IV Festlegung – zu den Planarten: Tab. 87, S. 349	
12. Bund legt *national bedeutsame* pRGx-Großgebiete (> ca. 100 km²) im Raumordnungsplan fest ⇨ ROG-Novelle erforderlich (§ 17 erweitern)	S. 331: Kap. 8.3
13. Länder legen *landesweit o. regional bedeutsame* große pRGx im Freiraum fest:	
• im Raumordnungs- o. Regionalplan als ***Ziele* der Raumordnung**	S. 358: Abb. 78
• durch rechtsverbindliche Landes-Verordnung ⇨ BImSchG-Novelle erforderlich, um z.B. die Unterschutzstellung analog § 22 BNatSchG zu regeln	S. 359: Tab. 92 S. 349: Tab. 87
14. Gemeinden legen *örtlich bedeutsame* pRGx im Frei- u. Siedlungsraum fest:	s.o.: Nr. 13
• als Darstellung im **F-Plan** ⇨ Naherholung, ggf. Tourismus, x = 35-55	
• als Festsetzung im **B-Plan** ⇨ wohnungsnahe pRGx, x ≫ 35	
V Information	
15. Umfassende Information der Öffentlichkeit über die positiven Wirkungen von Ruhe auf Gesundheit, Wohlbefinden u. Lebensqualität; RG-Marketing	S. 66: Abb. 2
VI Meldung	
16. Meldung der kartierten und festgelegten Ruhigen Gebiete an die EU-Kommission in Form von GIS-Daten mit Lage, Größe, Qualität, Rechtsform der Festlegung sowie Schutzmaßnahmen ⇨ END-Novelle erforderlich	-
VII Monitoring	
17. Kontinuierliche Verbesserung der Kartiermethoden: analog zu Nr. 2-4 18. Anzahl, Fläche und Qualität der Ruhigen Gebiete überwachen 19. Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen überprüfen 20. Öffentlichkeit intensiv beteiligen	s.o. „Kartierung“ (II)
VIII Evaluation	
21. Turnusmäßige Überprüfung der relevanten Rechtsnormen, z.B. alle 10 Jahre	-

Tab. 87: Übersicht zur Gesamtplanung sowie den Fachplanungen „Landschaftsplanung“ und „Lärmaktionsplanung“ in Bund, Ländern und Gemeinden.

		1	2a	2b	3a	3b
Nr.	**Planungsraum**	**Bund**	**Bundesland (BL)**	**Teilraum eines BL ~ Region**	**Gemeinde**	**Teilraum einer Gemeinde**
	Ebene	**überörtlich**			**örtlich**	
A	**Gesamtplanung: „Raum- und Bauleitplanung“**					
A1	Name	**Raumordnungsplan**	**landesweiter Raumordnungsplan**	**Regionalplan**	**Flächennutzungsplan**	**Bebauungsplan**
A2	Rechtsgrundlage	ROG	ROG	ROG	BauGB	BauGB
A3	Planungspflicht	Nein, nur AWZ	Ja, flächendeckend	Ja, flächendeckend	Ja, flächendeckend	Nein, nur bei Bedarf
B	**Fachplanung „Landschaftsplanung“: Naturschutz und Landschaftspflege**					
B1	Name	-	**Landschafts-programm**	**Landschafts-rahmenplan**	**Landschafts-plan**	**Grünordnungs-plan**
B2	Rechtsgrundlage		BNatSchG	BNatSchG	BNatSchG	BNatSchG
B3	Planungspflicht[617]		Nein	Ja, flächendeckend	Nein, nur bei Bedarf	Nein
C	**Fachplanung „Immissionsschutz“: Lärmbekämpfung und Schutz Ruhiger Gebiete**					
C1	Name	-	**Lärmaktionsplan**			
C2	Rechtsgrundlage		BImSchG bzw. END als primäre Rechtsquelle			
C3	Planungspflicht		Nein, nur bei Bedarf: Wo Lärmprobleme/-auswirkungen zu regeln *oder* Ruhige Gebiete gegen Lärm*zunahme* zu schützen sind			
D	**typischer Maßstabsbereich[618]**					
D1	Maßstab	≥ 1:1.000.000	1:200.000 bis 1:1.000.000	1:25.000 bis 1:100.000	1:5.000 bis 1:20.000	1:500 bis 1:1.000, parzellenscharf
D2	Beispiel	Deutschland	Hessen	Reg.bezirk Kassel	NLP u. Bad Wildungen	Bad Wildungen, Teilräume (Beispiele)
D3	Beispiel					
E	**potentiell Ruhige Gebiete pRGx, Faustformeln**					
E1	Fläche	> 100 km²	> 10 km²	> 1 km²	0-10 km²	0-0,1 km² = 0-10 ha
E2	Qualität	~ pRG35	~ pRG35	~ pRG35	pRG35-pRG55, …	pRG45-pRG55, …

[617] Die Angaben zur Planungs*pflicht* beziehen sich auf die Regelfälle des BNatSchG. Weitere Pflichten bestehen häufig nach Landesrecht und in Sonderfällen. Sie sind für den Überblick hier irrelevant.
[618] Nach Fürst & Scholles (2008). Geringfügig abweichende Maßstäbe in BfN (2007): k.A., 1:200.000 bis 1:500.000, 1:25.000 bis 1:100.000, 1:5.000 bis 1:10.000 und 1:1.000 bis 1:2.500.

9.2.1 Zweipolige Zielwerte mit Fristen und zusätzlichen Anreizen

Tab. 88 vergleicht aktuelle Immissionswerte (Nr. A und C) mit wissenschaftlichen Empfehlungen (Nr. B, D und E) und verdeutlicht die **Diskrepanzen** zwischen Rechts- und Wissenslage:

- **Immissionswerte(Recht) ≫ Immissionswerte(Wissen)**

Die für die Lärmaktionsplanung bestehenden Auslösewerte (Nr. C) greifen prinzipiell zu kurz, weil sie nur die hohen Pegel betreffen, nicht hingegen die mittleren und niedrigen Pegel (= Ruhige Gebiete, s.a. S. 212 u. 271, Zieltrilogie):

- Ein Lärmaktionsplan, der nur dort aufgestellt wird, wo Auslösewerte *über*schritten sind, kann keine Ruhigen Gebiete schützen

Besser als *Auslöse*werte sind *Ziel*werte:

- **Aus*löse*werte** *lösen* die Aufstellung eines Aktionsplanes aus, sagen aber nichts darüber aus, *bis wann* sich *welcher* Erfolg einzustellen hat – schlimmstenfalls wird keine einzige Aktion des Planes realisiert[619]
- **Zielwerte sind anders**: Sie geben nicht einfach einen Startschuss und lassen das Ende (Ziel) offen, sondern legen umgekehrt das Ende (Ziel) fest, ohne einen Zwangsstart anzuordnen. Ein erfolgreicher Zieleinlauf ist ihnen wichtiger als bloß ein gelungener Start. Hier bemisst sich der Inhalt des Aktionsplanes am Ziel

Ein modernes Lärmmanagement sollte demnach aus 3 Elementen bestehen:

- **verbindliche 2-polige Zielwerte** (s. Tab. 88, Nr. 11-13):
  1. zur Lärmbekämpfung *und gleichzeitig*
  2. zum Schutz Ruhiger Gebiete
- **verbindliche Fristen**:
  - Stichtag, ab dem die Zielwerte einzuhalten sind – Sanktionen, wenn nicht
- **zusätzliche Anreize**:
  - als Motivation, die Zielwerte u. Fristen zu *unter*bieten (= Ziele *über*bieten)[620]

Die in Tab. 88 vorgeschlagenen Zielwerte und Fristen orientieren sich an den UBA-SRU-Zielen (Empfehlungen) sowie am Sanierungsprogramm der **Schweiz**, für das gilt[621]:

- Frist: **30 Jahre**
- Zielwerte: **55/45 dB(A) in Wohnzonen** und 60/50 dB(A) in Mischzonen

SMARTe[622] und überprüfbare Ziele erfordern einen doppelten **Paradigmenwechsel**:

- Politik und Verwaltung müssen den Mut aufbringen, solche Ziele zu setzen
- Die Öffentlichkeit muss tolerieren, dass sich manche Ziele trotz besten Willens und Könnens nicht immer auf Anhieb erreichen lassen

Ob die Zielwerte und Fristen realistisch sind, hängt von vielen Randbedingungen (s.S. 358: Abb. 78), allen voran den politischen und gesellschaftlichen Prioritäten ab.

---

[619] Das Problem bestand schon früher bei den von 1990 bis 2005 durchgeführten Lärmminderungsplanungen nach § 47a-alt BImSchG und besteht auch heute bei der END (s. Kap. 6.6.2, S. 251 und auch S. 270).

[620] Auch Zielwerte sind Schwellenwerte und mit den dafür typischen Problemen verbunden (s. Kap. 6.6.9, S. 269). Ihr Nutzen besteht darin, dass sie auch den „Unwilligen" ein gewisses Maß an Mindestaktivität abverlangen. Die Anreize sollen die „Willigen" motivieren und belohnen, freiwillig ein höheres Gesundheits- und Umweltschutzniveau zu etablieren.

[621] Die Lärmsanierung wurde in der Schweiz bereits **1987** in der Lärmschutz-Verordnung (LSV) gesetzlich verankert und sollte bis 2002 abgeschlossen sein. Das Ziel konnte jedoch nicht erreicht werden: „Grund für den Verzug war zum einen der grosse Sanierungsaufwand, welcher sich insb. in urbanen Gebieten als grösser als erwartet herausstellte. Zum anderen führte aber auch das fehlende Engagement der Kantone zu Verzögerungen, da die Lärmsanierung nicht den notwendigen prioritären Stellenwert bei der Mittelzuteilung erhielt." (Schweiz, 2005, S. 3). Mit Inkrafttreten der neuen LSV im Jahre 2004 wurden die Fristen verlängert: für Nationalstraßen auf 2015 und für Hauptstraßen und alle übrigen Straßen auf **2018** (Art. 17 Abs. 3 LSV). Werden diese Fristen eingehalten, dann hätte die Sanierung insgesamt rund **30 Jahre** gedauert.

[622] SMART = Spezifisch – Messbar – Akzeptabel – Realistisch – Terminierbar (GPM & Gessler, 2010).

Tab. 88: Immissionswerte zur Lärmbekämpfung und zum Schutz Ruhiger Gebiete.
Schwerpunkte: Straßen und Wohngebiete, d.h. Hauptlärmquellen und besonders „ruhebedürftige Flächen".

Nr.	Aspekt	Außenpegel in dB(A)	Bemerkung
A	**Lärmbekämpfung: Gesetzes- und Rechtslage**	$L_{16h\text{-}Tag}$/ $L_{8h\text{-}Nacht}$[623]	
1	enteignungsrechtliche Zumutbarkeitsschwelle = verfassungsrechtliche Zumutbarkeitsschwelle Status: Richtwerte, Abwägung, Richterrecht	70-75/ 60-65	BVerwG: 70/ 60, BGH: 75/ 65[624] Nur oberhalb dieser Schwellen ist eine **Gesamtlärm**betrachtung erforderlich.
2a	straßenbauliche Lärm**sanierung** a1) VLärmSchR 1997 – durch a2) ersetzt a2) BMVBS (2010a) Status: **freiwillig**, nach Haushaltsmitteln	70/ 60 67/ 57	bestehende **Straßen**; RLS-90 ⇨ WR, WA, WS, Schulen & Co Kein Gebietsschutz, nur baul. Anlagen
2b	straßenverkehrsrechtlicher Lärmschutz = Lärmschutz-Richtlinien-StV vom 23.11.2007 Status: Richtwerte, Abwägung, § 45 StVO	70/ 60	bestehende **Straßen**; RLS-90 ⇨ WR, WA, WS, Schulen & Co Kein Gebietsschutz, nur baul. Anlagen
3	Lärm**vorsorge** = fachplanungsrechtl. Zumutbarkeitsschwelle = Vermeidung schädl. Umwelteinwirkungen[625] = 16. BImSchV Status: Grenzwerte, **bindend**	59/ 49 57/ 47	Bau o. wesentl. Änderung von **Straßen** u. **Schienenwegen** ⇨ WR, WA, WS ⇨ Schulen & Co Kein Gebietsschutz, nur baul. Anlagen
4	Städtebauliche Planung (Bauleitplanung) = DIN 18005-1, Beiblatt 1 (1987) Status: Richtwerte, Abwägung	55/ 45 50/ 40 55/ -	⇨ WA, WS ⇨ WR ⇨ Friedhöfe, Parkanlagen u.a. Gebietsschutz
B	**Lärmbekämpfung: UBA-SRU-Ziele**[626]	L_{DEN}/ L_N	Status: wissenschaftliche Empfehlungen
5	Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen	65/ 55	
6	Verminderung erheblicher Belästigungen	60/ 50	
7	Vermeidung erheblicher Belästigungen	55/ 45	
8	„gute akustische Umwelt"[627]	50/ 40	
C	**Auslösewerte für die Lärmaktionsplanung**	L_{DEN}/ L_N	
9	Aufstellung eines Lärmaktionsplanes Status: Empfehlungen	**70-65/ 60-55**	in 6 Bundesländern eingeführt, 10 Länder: keine Auslösewerte
D	**Nomenklatur: Ruhige Gebiete bzw. pRGx**	L_{DEN}	
10	potentiell Ruhige Gebiete pRGx	≤ x, z.B. ≤ 35	pRGx, z.B. pRG35
E	**Vorschlag:** **Fristen und 2-polige Zielwerte**[628] **für …**	L_{DEN}/ L_N **… Lärmbekämpfung**	L_{DEN} **… Schutz Ruhiger Gebiete**
11	kurzfristig = Jahr 2017 = Ende 2. Stufe	65/ 55	35
12	mittelfristig = Jahr 2032 ⇨ 15 a später	60/ 50	40
13	langfristig = Jahr 2047 ⇨ 15 a später	55/ 45	45

[623] Berechnung nach den nationalen Vorschriften RLS-90, Schall 03 usw., nicht nach VBUS & Co, s.a. Kap. 2.2.2, S. 86.
[624] Stüer (2009).
[625] D.h. Gesundheitsgefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen (§ 3 Abs. 1 BImSchG).
[626] Anmerkungen:
1) Geltungsbereich: „… für alle einzelnen Quellen und eine Gesamtbelastung für Gebiete mit Wohnnutzung" (UBA, 2006a, S. 1). Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (**SRU**) teilt die UBA-Ziele (SRU, 2008). Seine vergleichbare Zieltrias lautet seit über 10 Jahren (SRU, 1999): $L_{16h\text{-}Tag}$/ $L_{8h\text{-}Nacht}$ = 65/ 55, 62/ 52 und 55/ 45 dB(A) – 65/ 55 wird seit 25 Jahren gefordert (SRU, 1987)
2) Annahme: Dämmwirkung(gekipptes Fenster) = **15 dB** (ABER: Fußnote 467, S. 258) und Schlussfolgerung (SRU, 1987):
   - für den Tag: Wenn Außenpegel < 55 dB(A), dann Innenpegel < 40 dB(A) und keine **Kommunikationsstörungen**
   - für die Nacht: Wenn Außenpegel < 45 dB(A), dann Innenpegel < 30 dB(A) und keine **Schlafstörungen**

   Von allen Lärmwirkungen treten diese zwei bei den kleinsten Außenpegeln auf (Babisch, 2010; EPoN, 2010; SRU, 1987).
   ⇨ Wenn L_{DEN}/ L_N(Außenpegel) < 55/ 45 dB(A), dann treten auch keine anderen Lärmwirkungen (s. Kap. 2.3, S. 87) auf
3) L_{DEN}/ L_N < 55/ 45 dB(A) schließt weder erhebliche noch *nicht*-erhebliche Belästigungen zu 100 % aus. Beispiel 1: empfindliche Menschen. Beispiel 2: L_{DEN}(FLG) = 45 dB(A) ⇨ %HA = 1 % (Tab. 17, S. 114), sogar %HA = 12 % lt. EPoN (2010).

[627] Babisch (2010, S. 2), s.a. EPoN (2010).
[628] Die Zielwerte sind so zu verstehen, dass z.B. bis 2017 gilt: 1) Wohnbevölkerung: entweder Außenpegel L_{DEN}/ L_N ≤ 65/ 55 dB(A) o. passiver Schallschutz. 2) Heute vorhandene pRG35 (9,3 % von Hessen: s. Tab. 78, S. 322) sind vor Lärm*zunahme* im Regelfall geschützt ⇨ Nr. 2 bedeutet Bestands**sicherung**, Nr. 1 Bestands**eingriffe** ⇨ Nr. 2 ist realistischer als Nr. 1.
Die Fristen sind ambitioniert: Angesichts der Lärmbilanz 2010 (UBA, 2011b) scheinen **+15a** realistischer ⇨ 2032, 2047 und 2062. Alternative und ebenfalls SMARTe Ziele: s. Fußnote 509, S. 280. Die konkrete Wahl hängt von den Randbedingungen ab.

9.2.2 Defizite des deutschen Lärmschutzrechts

Tab. 89 nennt wesentliche Defizite des deutschen Lärmschutzrechts. Sie sollten so weit wie möglich beseitigt werden, um gesundheitsgefährdende Lärmwirkungen zu vermeiden, das Lärmniveau insgesamt zu senken und indirekt den Schutz Ruhiger Gebiete zu verbessern. Momentan verursachen die Defizite **kontinuierlich neue Sanierungsfälle** für künftige Lärmaktionsplanungen – und davon wohl auch mehr, als diese derzeit beseitigen können. Grund genug, Lärmvorsorge, Lärmsanierung und Lärmaktionsplanung auf hohem Niveau zu harmonisieren und zu koordinieren. Damit faire Lösungen für alle entstehen, sollten in die Abwägung mit anderen widerstreitenden Belangen *sowohl* die Kosten des Lärms *als auch* die Gewinne durch Ruhige Gebiete einfließen (s.a. Kap. 2.3.3, S. 90).

Tab. 89: Defizite des deutschen Lärmschutzrechts.

Problemfeld 1: Allgemein
1. Zu hohe verfassungsrechtliche Zumutbarkeitsschwellen von 75-70/ 65-60 dB(A), s. Tab. 88, Nr. 1
2. Veraltete Immissionswerte, weil häufig: Grenz- o. Richtwerte ≫ wissenschaftliche Empfehlungen
3. Keine akzeptor-/schutzgutbezogene Betrachtungsweise, insb. nicht im Bereich des Verkehrslärms
4. Defizite in Inhalt, Umsetzung u. Vollzug der END ⇨ „Problemfelder“ in Tab. 7, S. 74 – s.a. Tab. 4, S. 67
5. END als Fremdkörper im dt. Lärmschutzrecht ⇨ Managementansatz vs. gebundene Entscheidung
6. Lärmschutzrecht und Vollzugspraxis schaffen täglich neue Lärmprobleme, die eine künftige Lärmaktionsplanung als „Reparaturbetrieb“ zu beseitigen hat ⇨ Nachsorge statt Vorsorge, weil Ziele fehlen
Problemfeld 2: Emissionswerte
7. Hinken häufig dem aktuellen Stand der Lärmminderungstechnik hinterher
8. Gelten meist nur für neue Produkte, dagegen Bestandsschutz für den bestehenden Geräte- u. Fuhrpark
9. Lange Lebensdauer von Kfz, Eisenbahnen u. Flugzeugen (8 a, 25-30 a, 40 a)[629] ⇨ zeitverzögerte Wirkung
Problemfeld 3: Immissionswerte
10. Keine EU-weiten Grenzwerte oder andere Umweltstandards für einzelne Lärmarten und Gesamtlärm
11. Keine SMARTen[630] und einklagbaren nationalen Ziele, weil Grenzwerte (Zielwerte) und Fristen fehlen
12. Schutzminderung bei tatsächlicher o. planerischer Vorbelastung ⇨ höhere Immissionen sind zu dulden
13. Selten Abwägung nach unten zu Gunsten geringerer Lärmbelastungen, stattdessen werden Spielräume unterhalb von Immissionswerten häufig bis zur Belastungsgrenze voll ausgeschöpft
Problemfeld 4: Lärmvorsorge = Neubau o. wesentl. Änderung von Verkehrswegen (STR, SCH) = 16. BImSchV
14. Lärmbelastung wird nur anhand des neu gebauten o. wesentlich geänderten Abschnitts berechnet
15. Keine Berechnung des Gesamtnetzes (z.B. „alle STR“) o. des Gesamtlärms (GES = „alle Lärmarten“)
16. Parallele Berechnungsvorschriften RLS-90 ⇔ VBUS usw. ⇨ ineffizient für Anwender
17. Veraltete Rechenmethoden: nur Dauerschallpegel, keine Pegelhäufigkeiten, strittiger Schienenbonus etc.
18. Aktiver Schallschutz wird häufig aus Kostengründen abgelehnt und durch passiven ersetzt (Schallschutzfenster) ⇨ Schutz des *Außen*wohnraumes (Terrassen, Balkone) und des *Frei*raumes gehen verloren
19. Kein Gebietsschutz, sondern Schutz baulicher Anlagen (= Nachbarschaft, nicht Allgemeinheit)
20. Kaum Rechtsanspruch auf nachträgliche Lärmschutzmaßnahmen (Anordnungen), wenn die tatsächliche Verkehrsmenge (Monitoring durch SVZ etc.) die in der Planfeststellung prognostizierte übersteigt
Problemfeld 5: Lärmsanierung = Lärmschutzmaßnahmen an bestehenden Verkehrswegen (STR, SCH)
21. Kein Rechtsanspruch, keine Fristen, sondern nur eine freiwillige Leistung nach Haushaltsmitteln
22. Keine Relevanz von Messungen (Physik, Psychologie) bei Entscheidungen (Behörden, Gerichte)
23. Keine (SCH) oder nur eingeschränkte (STR) Möglichkeiten, nachträglich Anordnungen zum Lärmschutz zu treffen, Ermessensspielräume gehen oft zu Lasten des Lärmschutzes, insg. restriktiver Vollzug
24. Annahme, erst dL > 3 dB (2,1 dB) sei wahrnehmbar. Richtig: dL ≳ 1 dB, Ortscheid & Wende (2004)
Problemfeld 6: Landes-, Regional- u. Bauleitplanung = Freiraum-, Siedlungs- und Infrastrukturplanung
25. Keine Grenzwerte für Siedlungsplanung – Richtwerte der DIN 18005-1, Beiblatt 1 (1987), „wegwägbar“
26. Keine Siedlungsbeschränkungszonen um alle „lauten Infrastrukturen“ (STR, SCH), sondern nur um FLG
27. Keine Verbotszonen für „laute Infrastrukturen“ um Ruhige Gebiete (Umkehrung von Nr. 26)
28. Kein Lärm- u. Ruheschutz als integraler Baustein eines ganzheitlichen Planungs- u. Zulassungssystems

[629] DESTATIS (2006b), Kloepfer et al. (2006) und UIC (2007).

[630] SMART = Spezifisch – Messbar – Akzeptabel – Realistisch – Terminierbar (GPM & Gessler, 2010), s.a. Fußnote 509, S. 280.

9.2.3 Klassische Lärmminderungsmaßnahmen

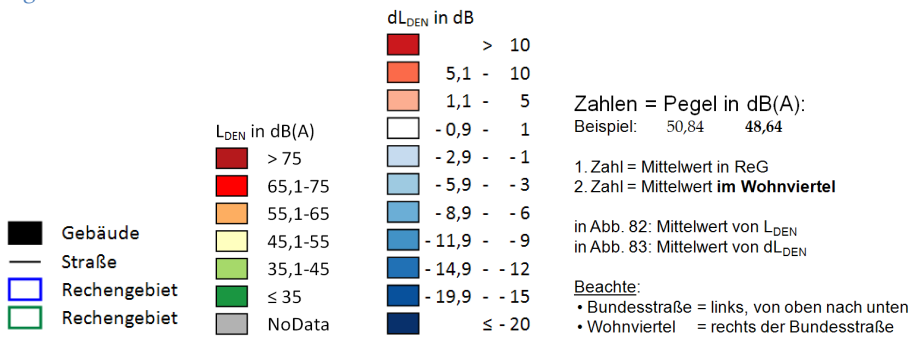
Tab. 90 und Tab. 91 (s. nächste Seiten) zeigen beispielhaft[631], wie sich verschiedene klassische Lärmminderungsmaßnahmen auswirken auf

- 2 Straßensituationen:
  - 1 Bundesstraße i.S. einer Hauptverkehrsstraße (Nr. I)
  - 1 Bundesstraße + Gemeindestraßen (Nr. II)
- 4 Bebauungssituationen:
  - keine, Einzel-, Reihen- und Blockbebauung[632]
- *wenn* Maßnahmen nur an der Bundesstraße stattfinden

Mit den heute im Bereich der Lärmbekämpfung angewandten Lärmminderungsmaßnahmen lassen sich auch Ruhige Gebiete im Frei- und Siedlungsraum schützen (Beispiel: Untertunnelung, s.S. 364, Nr. 5).
Die wichtigsten Aussagen der beiden Tabellen lauten:

- „alle Straßen" (II) hat ganz andere Pegelmuster als „nur B" (I) :
  - Lärmbelastungen deutlich höher (s. Kap. 6.6, S. 251)
  - Maßnahmen bewirken eine geringere Lärmminderung
- ⇨ Berechnungen, die nur wesentlich geänderte Straßenabschnitte beinhalten (s.o.: Tab. 89, Nr. 15), *über*schätzen deutlich:
  - die Wirkung von Lärmminderungsmaßnahmen
  - Anzahl, Größe u. Qualität der Ruhigen Gebiete
  - ⇨ ganze Wohnviertel werden fälschlich zu Ruhigen Gebieten (s. Kap. 6.6.4, S. 253) – gilt analog für Freiräume
  - ⇨ Schutzbedürftigkeit wird *unter*schätzt
  - ⇨ Schutzmaßnahmen im Lärmaktionsplan bleiben aus
- **Autofreie** oder nur mit Elektroautos befahrbare **Wohnviertel** (≙ „nur B") sind **ca. 8-14 dB ruhiger**[633] als klassische Wohnviertel (≙ „alle Straßen")
- Bebauungspläne, die eine möglichst geschlossene[634] Bauweise festsetzen, schützen und schaffen Ruhige Gebiete:
  - durch Einzelhäuser wird es 0,2 dB ruhiger
  - durch Reihenhäuser wird es 2,5 dB ruhiger
  - durch **Block**bebauung wird es **7,8 dB ruhiger**
- Zusatzeffekte: Ruhige Fassaden und ruhige Wohnviertel steigern das Wohlbefinden über die rein rechnerische Lärmminderung (Pegelabnahme) hinaus (s.S. 103)
- Rangfolge der Maßnahmen: 1. Tunnel ≙ Verkehrsvermeidung 2. Kombination 3. LSW 4. Lkw-Verbot 5. Fahrbahnbelag 6. Tempo 30 – geringfügige Abweichungen je nach Bebauung

Legende zu Tab. 90 und Tab. 91:



---

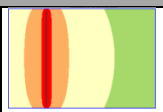
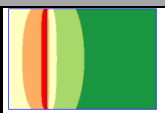
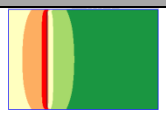
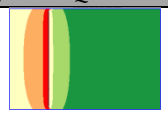
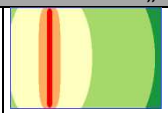
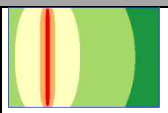
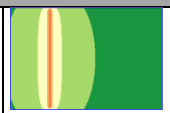
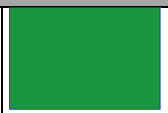
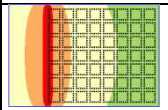
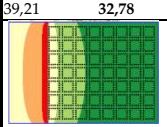
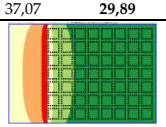
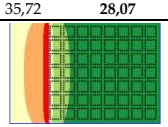
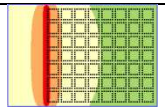
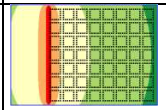
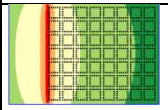
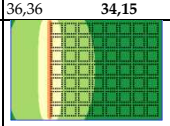
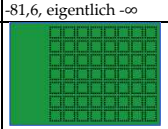
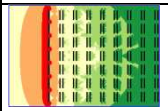
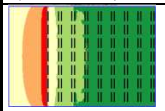
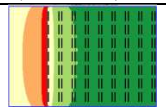
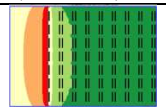
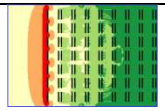
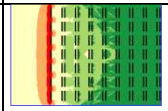
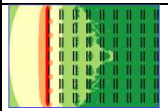
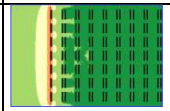
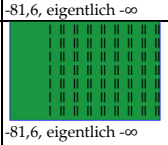
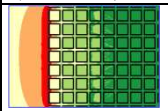
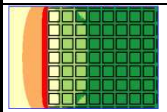
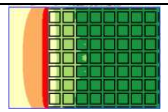
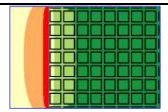
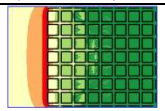
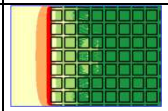
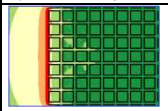
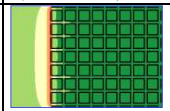
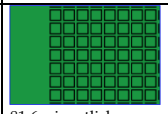
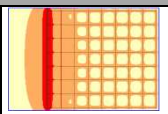
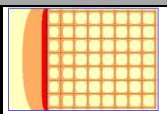
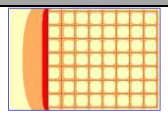
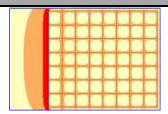
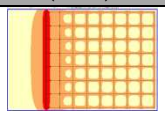
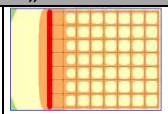
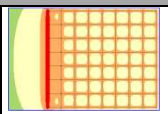
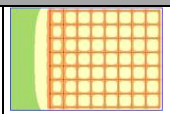
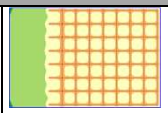
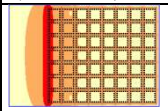
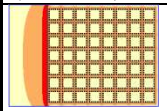
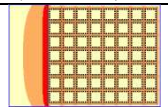
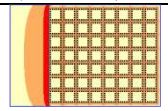
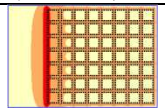
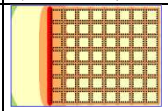
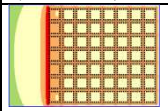
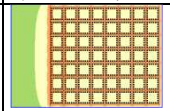
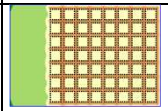
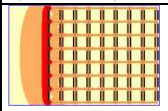
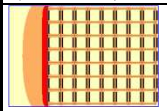
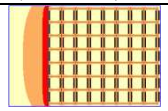
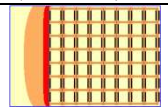
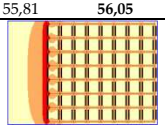
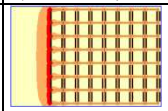
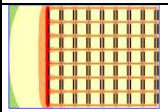
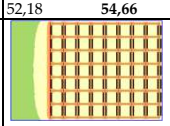
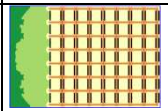
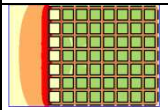
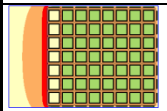
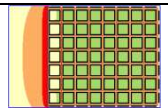
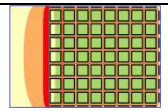
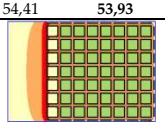
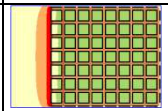
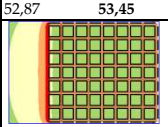
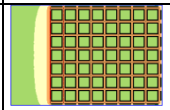
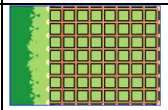
[631] Ab jetzt: Querformat ⇨ Hin- u. Herdrehen entfällt ⇨ Text, Tabellen etc. sind leichter lesbar.

[632] Merkmale des Akustik-Modells:
a) Gebäude: Höhe = 8 m (wie in HEplus), Breite = 10 m
b) Innenhof eines jeden Blocks (Nr. 4 u. 8): genau 100 m × 100 m = 1 ha groß
c) Aus den Blöcken entstehen die übrigen Strukturen durch „Ausdünnnen"
d) Gemeindestraßen: 10 m Abstand pro Block- bzw. Gebäudeseite (s. Nr. 5 = Referenz)
e) Bundesstraße: ganz links, von oben nach unten verlaufend, 10 m Abstand wie d)
⇨ Rechengebiet: Breite (Ost-West) = 1.550 m, Höhe (Süd-Nord) = 1.040 m ⇨ Fläche = 1,6 km²
Für die Berechnungen verwendete Modell-Parameter: s. Tab. 44, S. 215, Standardmodell.

[633] „Ruhiger" bezieht sich auf „keine" (Bebauung). Die Pegelwerte sind als Faustformeln zu verstehen. Sie gelten exakt nur für die Mittelwerte der Spalte „Referenz", „alle Straßen" (II) und das Wohnviertel, d.h. für Nr. 5 minus Nr. 6, 7 u. 8. Die räumlichen Variationen der „Ruhe" hängen stark von der Straßensituation u. Lärmminderungsmaßnahme ab: s. die Einzelkarten.

[634] § 9 Abs. 1 lit. 2 BauGB i.V.m. § 22 BauNVO.

Tab. 90: Lärmminderungsmaßnahmen zur Lärmbekämpfung u. zum Schutz Ruhiger Gebiete: LDEN-Lärmkarten mit 2 Mittelwerten: ReG u. Wohnviertel.

Nr.	Bebauung	**Lärmminderungsmaßnahme** an der Bundesstraße (nur dort)							
		Referenz	**Lärmschutzwand**			**Tempo 30**	**Fahrbahnbelag**	**Lkw-Verbot**	**Kombination**	**Tunnel**
		-	h = 4 m, 6 m und 8 m statt OHNE (h = 0 m)			30 km/h statt 50 km/h	DStrO = -5 dB statt 0 dB	p = 0 % statt VBUS-Werte	30 km/h, DStrO = -5 dB und p = 0 %	Bundesstraße: DTV = 0 Kfz/24h
I	**1 Bundesstraße (DTV = Q90 = 21.233 Kfz/24h) ≙ DTV8000 = 2 ff. Stufe = „nur B“**									
1	keine	 50,84 **48,64**	 39,21 **32,78**	 37,07 **29,89**	 35,72 **28,07**	48,16 **45,96**	 45,84 **43,64**	 43,52 **41,31**	 36,36 **34,15**	 -81,6, eigentlich -∞
2	Einzel-häuser	 50,85 **48,47**	 39,24 **32,67**	 37,10 **29,79**	 35,74 **27,97**	 48,17 **45,81**	 45,85 **43,49**	 43,53 **41,18**	 36,37 **34,04**	 -81,6, eigentlich -∞
3	Reihen-häuser	 43,47 **38,27**	 38,69 **32,05**	 37,30 **30,20**	 36,04 **28,51**	 40,79 **35,59**	 38,47 **33,27**	 36,15 **30,94**	 28,99 **23,78**	 -81,6, eigentlich -∞
4	Block	 41,17 **35,09**	 38,57 **31,90**	 37,39 **30,31**	 36,16 **28,67**	 38,49 **32,41**	 36,17 **30,09**	 33,85 **27,77**	 26,68 **20,61**	 -81,6, eigentlich -∞
II	**1 Bundesstraße + Gemeindestraßen (G500) ≙ DTV0 = „alle Straßen“**									
5	keine	 56,94 **56,85**	 55,58 **54,80**	 55,48 **54,67**	 55,43 **54,61**	 55,77 **56,20**	 54,86 **55,77**	 54,05 **55,43**	 52,14 **54,80**	 50,56 **54,31**
6	Einzel-häuser	 56,98 **56,70**	 55,62 **54,67**	 55,52 **54,53**	 55,47 **54,47**	 55,81 **56,05**	 54,90 **55,62**	 54,09 **55,29**	 52,18 **54,66**	 50,58 **54,17**
7	Reihen-häuser	 55,39 **54,32**	 54,47 **53,30**	 54,36 **53,17**	 54,30 **53,08**	 54,41 **53,93**	 53,82 **53,66**	 52,87 **53,45**	 50,91 **53,06**	 48,65 **52,68**
8	Block	 51,52 **49,03**	 50,80 **48,35**	 50,57 **48,06**	 50,39 **47,82**	 50,43 **48,49**	 49,56 **48,12**	 48,75 **47,83**	 46,61 **47,27**	 43,89 **46,79**

Tab. 91: Lärmminderungsmaßnahmen zur Lärmbekämpfung u. zum Schutz Ruhiger Gebiete: Pegeldifferenzkarten mit 2 dLDEN-Mittelwerten: ReG u. Wohnviertel.

Nr.	Bebauung	**Lärmminderungsmaßnahme** an der Bundesstraße (nur dort)						
		Referenz	**Lärmschutzwand**	**Tempo 30**	**Fahrbahnbelag**	**Lkw-Verbot**	**Kombination**	**Tunnel**
		-	h = 4 m, 6 m und 8 m statt OHNE (h = 0 m)	30 km/h statt 50 km/h	DStrO = -5 dB statt 0 dB	p = 0 % statt VBUS-Werte	30 km/h, DStrO = -5 dB und p = 0 %	Bundesstraße: DTV = 0 Kfz/24h
I	**1 Bundesstraße (DTV = Q90 = 21.233 Kfz/24h) ≙ DTV8000 = 2 ff. Stufe = „nur B“**							
1	keine	0,00 **0,00**	-11,63 **-15,86** -13,77 **-18,75** -15,12 **-20,57**	-2,7 **-2,68**	-5,0 **-5,00**	-7,3 **-7,32**	-14,5 **-14,48**	-132,45 **-130,24**
2	Einzel-häuser	0,00 **0,00**	-11,58 **-15,80** -13,72 **-18,68** -15,07 **-20,50**	-2,7 **-2,67**	-5,0 **-4,98**	-7,3 **-7,30**	-14,5 **-14,43**	-132,11 **-129,79**
3	Reihen-häuser	0,00 **0,00**	-4,78 **-6,21** -6,17 **-8,07** -7,43 **-9,76**	-2,7 **-2,68**	-5,0 **-5,00**	-7,3 **-7,32**	-14,5 **-14,48**	-125,08 **-119,87**
4	Block	0,00 **0,00**	-2,59 **-3,19** -3,78 **-4,78** -5,00 **-6,42**	-2,7 **-2,68**	-5,0 **-5,00**	-7,3 **-7,32**	-14,5 **-14,48**	-122,77 **-116,70**
II	**1 Bundesstraße + Gemeindestraßen (G500) ≙ DTV0 = „alle Straßen“**							
5	keine	0,00 **0,00**	-1,36 **-2,04** -1,46 **-2,18** -1,51 **-2,24**	-1,17 **-0,65**	-2,08 **-1,08**	-2,89 **-1,41**	-4,79 **-2,05**	-6,38 **-2,54**
6	Einzel-häuser	0,00 **0,00**	-1,35 **-2,03** -1,45 **-2,16** -1,50 **-2,23**	-1,17 **-0,64**	-2,07 **-1,07**	-2,88 **-1,41**	-4,78 **-2,04**	-6,37 **-2,53**
7	Reihen-häuser	0,00 **0,00**	-0,92 **-1,01** -1,03 **-1,15** -1,10 **-1,24**	-0,98 **-0,39**	-1,77 **-0,66**	-2,52 **-0,87**	-4,48 **-1,26**	-6,75 **-1,64**
8	Block	0,00 **0,00**	-0,72 **-0,68** -0,95 **-0,97** -1,13 **-1,21**	-1,09 **-0,54**	-1,96 **-0,91**	-2,78 **-1,20**	-4,91 **-1,76**	-7,74 **-2,24**

9.2.4 Lärmaktions-/Fach- u. Gesamtplanungen – Maßnahmen

Kooperation zwischen Lärmaktionsplanung u. anderen Planungen

Abb. 78 (s. *über*nächste Seite) zeigt folgende Wechselwirkungen:

- den Einfluss anderer Planungen auf die Lärmaktionsplanung
- den Einfluss der Lärmaktionsplanung auf andere Planungen

Sie liefert gleichzeitig eine kompakte Zusammenfassung von Kap. 9, indem sie die wichtigsten Maßnahmen (i.w.S., s.S. 346) zum Schutz Ruhiger Gebiete enthält. Allein das bildliche Netzwerk weist auf große gegenseitige Abhängigkeiten hin und lässt vermuten, dass **eine effektive und effiziente Lärmaktionsplanung**

- nur im Bündnis mit anderen Planungen möglich sein wird
- *umgekehrt* von vielen anderen Planungen vielseitig nutzbar ist

Dasselbe gilt für den Schutz Ruhiger Gebiete als Teil der Lärmaktionsplanung (s. Abb. 2, S. 66).

Wie es um die Wirklichkeit bestellt ist, geht aus Abb. 77[635] hervor:

- blau = andere Planung *wirkt mit* am Lärmaktionsplan
  - Prozentzahlen (grün) = Gemeinden mit Kooperation in 2010
  - y-Achse: Veränderung in 2010 gegenüber 2000
- rot = andere Planung *nutzt* Lärmaktionsplan
  - Prozentzahlen (grün) = Gemeinden mit Nutzung in 2010
  - y-Achse: Veränderung in 2010 gegenüber 2000

Demzufolge nutzen andere Planungen Lärmaktionspläne häufiger als dass sie daran mitarbeiten. Die gegenseitige Kooperation sank gegenüber 2000 bei 3 von 7 Planungsarten um ca. 20 *Prozentpunkte* und liegt 2010 auf niedrigem Niveau – insb. bei der Landschaftsplanung.

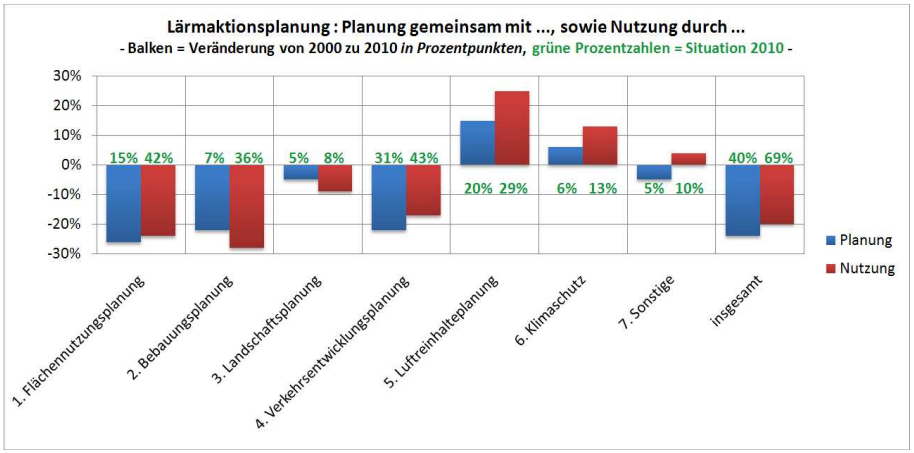


Abb. 77: Kooperation zwischen Lärmaktionsplanung u. anderen Planungen.

Wie die Zahlen speziell für den Schutz Ruhiger Gebiete aussehen, geht aus der Umfrage nicht hervor. Laut Lärmbilanz 2010 besitzen **Ruhige Gebiete** für die Gemeinden z.Zt. eine eher **geringe Bedeutung**:

- nur in 20-25 % der Meldungen zur Aktionsplanung erwähnt
- nur 29 % haben welche festgelegt *oder* beabsichtigen dies

⇨ **71 %** der Gemeinden wollen **keine** Ruhigen Gebiete festlegen

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird deshalb **empfohlen**:

- Die Kooperation ist umgehend und ganzheitlich zu intensivieren – über die 4 klassischen Planungen (Nr. 1-4) hinaus

Wie das geschehen könnte, lässt sich hier nicht in der gebotenen Breite und Tiefe darlegen. Detaillierte Konzepte dafür bleiben daher anderen Arbeiten vorbehalten.

---

[635] Datengrundlage: Lärmbilanz 2010 (UBA, 2011b), d.h. schriftliche Befragung von Gemeinden:

- Jahr 2010:
  - 1.000 Meldungen zur Lärmaktionsplanung nach END bzw. §§ 47a-f BImSchG
  - davon 240 Gemeinden angeschrieben, davon machten **154** Angaben zur gemeinsamen Planung und **157** zur Nutzung der Lärmaktionspläne durch andere Planungen
- Jahr 2000:
  - ca. 350-700 Lärmminderungsplanungen nach § 47a-alt BImSchG, s. Fußnote 100, S. 86
  - insgesamt 475 Gemeinden angeschrieben, davon machten **397** Angaben

Maßnahmen zum Schutz Ruhiger Gebiete – Abb. 78 und Tab. 92
Statt der eben angesprochenen Konzepte

- zeigt Abb. 78 die wichtigsten Planungs- und Handlungsfelder sowie gegenseitige Abhängigkeiten auf
- schlägt Tab. 92 besonders wirksame Schutzmaßnahmen vor

Die Farben kennzeichnen unterschiedliche Themenbereiche und stimmen in Abb. 78 und Tab. 92 überein.

Hervorzuheben sind folgende allgemeine **Empfehlungen**:

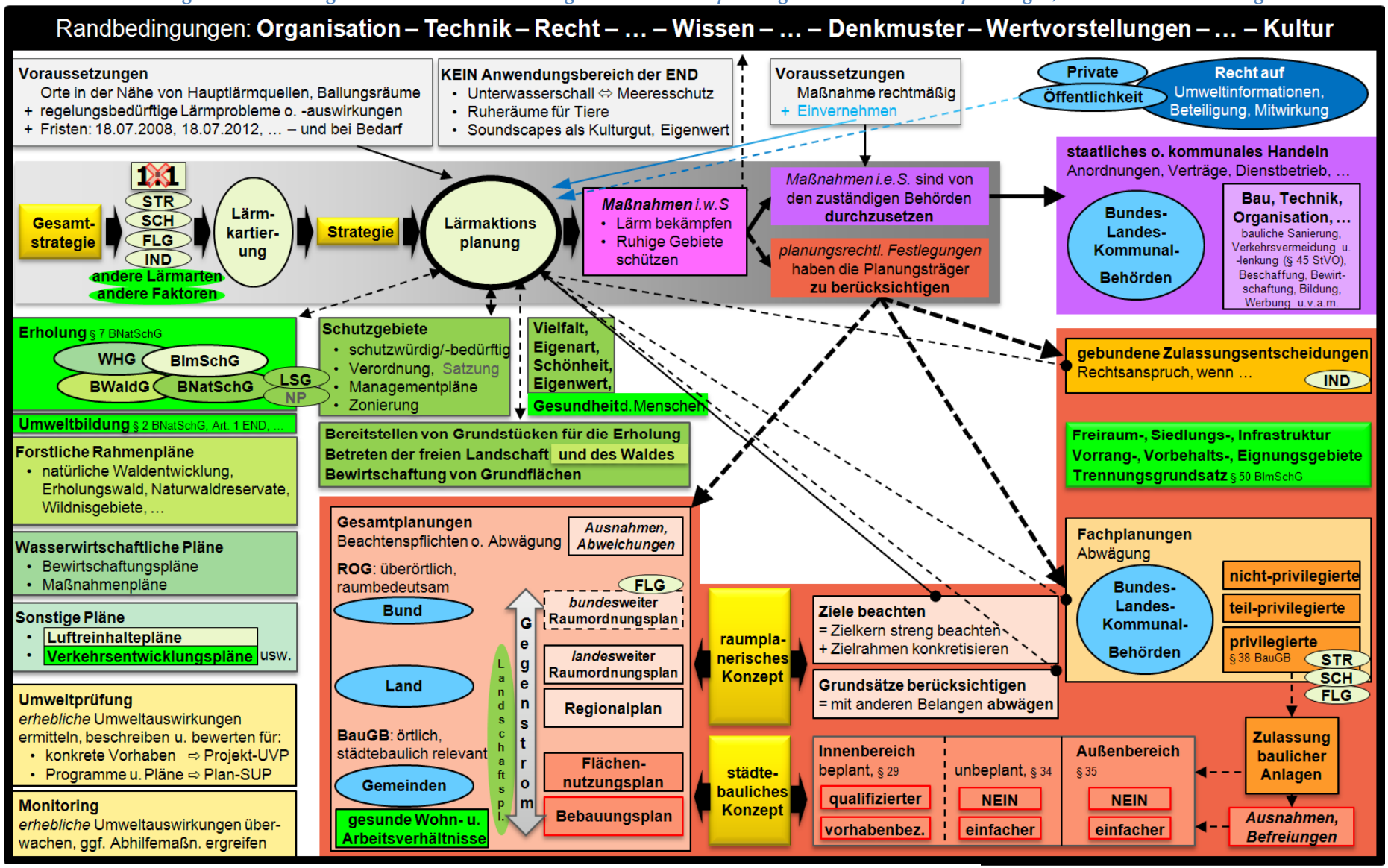
- Bereits das bestehende Planungs- und Zulassungssystem bietet zahlreiche *sofort vollzugsfähige* Möglichkeiten zum Schutz Ruhiger Gebiete – die es zu nutzen gilt
- Sämtlichen Maßnahmen (= Planungen u. Maßnahmen i.e.S.) ist eine *langfristige* **Strategie** zu Grunde zu legen – auf isolierte Einzelmaßnahmen ist zu verzichten (s.o.: Tab. 90 u. Tab. 91)
    - Ausnahme: vorbildliche Beispiele, s.S. 347
- **Keine 1:1-Umsetzung der END**, weil
    - Ruhige Gebiete dann nicht kartiert werden können
    - jede noch so gute Kartierung, Aktionsplanung und Umsetzung an Schwellen scheitert (s. Abb. 53, S. 269)
- **Andere** Lärmarten sowie andere akustische und nicht-akustische Faktoren sind je nach Maßnahmenebene und örtlicher Gegebenheit ebenfalls zu kartieren und zu beachten
- Über den **4-fachen Nutzen Ruhiger Gebiete** ist aufzuklären:
    1. Keine Belastung durch negative Lärmwirkungen
    2. Genuss von zusätzlichen positiven Ruhewirkungen
    3. Ruheräume für Land- und Meerestiere (Artenschutz)
    4. Ruhe und Naturgeräusche als schützenswerte Kultur- und Naturgüter (kulturelles und natürliches Erbe)
- **Aufzuklären** sind – und zwar jeweils *zielgruppenspezifisch*:
    - die gesamte Öffentlichkeit als Lärmverursacher und gleichzeitig Nutznießer der Ruhigen Gebiete
    - Entscheidungsträger in Politik, Verwaltung u. Gesellschaft – damit die „richtigen" Entscheidungen fallen
    - die für Maßnahmen i.w.S. zuständigen Behörden – damit sie Lärm- und Ruhebelange mit höherem Gewicht in ihre Abwägungen einfließen lassen, sie häufiger Einvernehmen für Schutzmaßnahmen erteilen, intensiver mit den Lärmaktionsplanern kooperieren und die Kartierungsergebnisse häufiger nutzen
- Die **Kooperation** zwischen direkten und indirekten „Ruheschützern" – Lärmaktions-, Luftreinhalte-, Landschafts-, Forst- u. Wasserrahmenplanern, Raum- u. Stadtplanern, Verkehrs- u. Infrastrukturplanern etc. – ist wieder zu intensivieren (s.o.)

Legende zu Abb. 78 und Tab. 92

Farbe	Bedeutung
	Strategien und Konzepte, basierend auf Zielen: städtebauliche, raumplanerische, ...
	Maßnahmen i.e.S. ⇨ sind **durchzusetzen**
	planungsrechtliche Festlegungen ⇨ sind **zu berücksichtigen**
	Akteure
	Lärmkarten u. -aktionspläne sind als Fachgutachten verwendbar
Grün	**besondere Relevanz für Ruhige Gebiete**
	Lärmkartierung und -aktionsplanung
	andere Lärmarten & Faktoren, Gesundheit, Raumstruktur, Umweltbildung, …
	BNatSchG: Erholung, Schutzgebiete, Bereitstellen/Betreten/Bewirtschaften, …

Pfeil	Bedeutung
– – →	**zu berücksichtigen** = mit anderen Belangen abzuwägen
——→	**zu beachten** = Ziel*kern* ist streng zu beachten (keine Abwägung) + Ziel*rahmen* ist zu konkretisieren

Abb. 78: Schutz Ruhiger Gebiete: Integration von Lärmkartierung & Lärmaktionsplanung in Fach- & Gesamtplanungen, behördliches & sonstiges Handeln.



Tab. 92: Schutz Ruhiger Gebiete: Maßnahmen durch Lärmkartierung & Lärmaktionsplanung, Fach- & Gesamtplanungen, behördliches & sonstiges Handeln.

Nr.	**Kurzbeschreibung der Maßnahme** – vgl. mit Abb. 78 und hinsichtlich der Planungsarten u. -ebenen mit Tab. 87, S. 349
A	**Strategien und Konzepte, basierend auf SMARTen Zielen**
1	Jede Planungsebene setzt oder konkretisiert Ziele und verwirklicht diese über eine langfristige Strategie ⇨ kontinuierliche Verbesserung durch Monitoring u. Evaluation
2	Öffentliche und private Belange werden auf Grundlage der jeweiligen raumplanerischen o. städtebaulichen Konzepte (s. A1) gewichtet und in die **Abwägung** eingestellt. ⇨ konsistent begründbare Abwägungsentscheidungen ⇨ weniger Abwägungsfehler ⇨ rechtssichere Planung ⇨ geringes Prozessrisiko bei gerichtlicher Kontrolle
B	**Lärmkartierung und Lärmaktionspläne**
3	**Nicht 1:1**, sondern bestmöglich mit hochwertigen, fairen und großflächigen Akustik-Modellen das Gesamtgebiet (Land, ..., Gemeinde – je nach Zuständigkeit) kartieren. ⇨ bestmögliche (vollständige) Lärmkarten entstehen, die flächendeckend das vollständige Ausmaß der Lärmbelastungen und alle Ruhigen Gebiete (RG) liefern – s. HEplus ⇨ hoher **Zusatznutzen** für viele Akteure, weil a) vielseitig verwendbar für Umweltprüfungen (UVP, SUP), Monitoring, Gesamt-/Fachplanungen etc., z.B. Trassen-/ Standortfindung). b) leicht erweiterbar, falls Detailstudien nötig ⇨ bestmögliche Akustik-Modelle sind **effektiv u. effizient** – Faustformel: umso besser, je größer das Rechengebiet B-Plan-Ebene: HEplus eignet sich für planerische Vorentscheidungen. Genauere Modelle sind erforderlich für (innergebietliche) Detail-/Objektplanungen etc. ⇨ leicht aus HEplus abzuleiten durch lokale Verbesserungen (= Pauschal- durch Realwerte ersetzen) ⇨ viel effizienter als für jeden B-Plan ein neues Modell aufzubauen Bei *lokalen* Maßnahmen zur Lärmbekämpfung u. zum Schutz von RG sind auch andere Lärmarten und andere (nicht)-akustische Faktoren zu berücksichtigen.
4	RG im Lärmaktionsplan festlegen (soweit nach Gegenstromprinzip möglich, § 1 Abs. 3 ROG) und Lärmminderungsmaßnahmen (Tab. 90 f.) auch für RG durchführen.
5	Prüfen, ob RG **rechtsverbindlich** festgelegt werden sollten – wie einige BNatSchG-Schutzgebiete (z.B. LSG, nicht NP, §§ 26-27 BNatSchG) ⇨ BImSchG-Novelle erforderlich. Vorteile: 1) RG stärker geschützt, weil Bindungswirkung höher als beim Lärmaktionsplan (= „schlichter Plan“, keine Rechtsnorm). 2) Wenn Festlegung per Verordnung, dann wäre diese von der Bauleitplanung strikt zu beachten, da B-Plan nur Satzung (Verordnung geht dieser als höherrangiges Recht vor) u. F-Plan nur „schlichter“ Plan. Nachteile: Verfahren zur Festlegung der RG wäre u.U. (deutlich) aufwändiger als jetzt bei einem „schlichten“ Lärmaktionsplan (= Fachplan).
C	**Ruhige Gebiete, Erholung und Natur**
6	Ruhe i.e.S. (= Lärmfreiheit) und insb. Ruhe i.w.S. (= zur Ruhe kommen, s.S. 97) sind bei Maßnahmen und Planungen von Naturschutz, Landespflege, Gewässerschutz, Forstwesen u.a. zu berücksichtigen ⇨ Synergien nutzen, ABER: **Keine Identität von RG mit Natur, Grün oder Wald** trotz z.T. großer Schnittmengen, s. Kap. 7.5, S. 313. ⇨ Ruhe ist als **Gesundheits-/Erholungsressource** zu schützen ⇨ Kooperation zwischen **Lärmaktionsplanung** u. **Landschaftsplanung** ⇨ Ruhekarte als Fachbeitrag nutzen Beispiele: 1) RG in Landschaftsplänen darstellen ⇨ „stille Erholung“. 2) RG nutzen für a) Zonierung u. Management von Schutzgebieten und b) Ausweisung von LSG o. NP.
7	Die bestehenden **Pflichten der öffentlichen Hand** sind *explizit* auf RG auszudehnen: 1) **Bereitstellen** geeigneter Grundstücke als RG (analog § 62 BNatSchG): z.B. ehemalige Truppenübungsplätze o.Ä., s. Kap. 8.3.5 f., S. 337 2) **Bewirtschaftung** öffentlicher RG so, dass die Ruhe bewahrt bleibt (§ 2 Abs. 4 BNatSchG): z.B. keine Kettensägen, keine Laubbläser, keine Windenergieanlagen o.Ä. 3) **Zugang** zu RG sicherstellen: Jeder darf z.Zt. Flur (= freie Landschaft) u. Wald zum Zwecke der Erholung frei betreten u. Oberflächengewässer erlaubnisfrei benutzen (§ 59 BNatSchG, § 14 BWaldG, z. B. § 29 HWG) ⇨ Prüfen: 1) im Freiraum: RG dadurch auch abgedeckt? 2) im Siedlungsraum: Analoge Regelungen für öffentliche RG erforderlich?
8	RG über den Anwendungsbereich der END hinaus schützen: z.B. als Eigenwert, Kulturgut, Ruhe- u. Rückzugsräume/-stätten für Tiere auf dem Land und im Wasser (Meer).
D	***bundes*weiter Raumordnungsplan**
9	Prüfen, ob Bund ermächtigt werden sollte, **generell länderübergreifende Standortkonzepte** (§ 17 Abs. 2 ROG) festzulegen für 1) national (raum)bedeutsame Verkehrsinfrastrukturen inkl. Lärmquellen, z.B. STR u. SCH, da bisher nur FLG-Ermächtigung. 2) Großschutzgebiete inkl. Ruhiger Gebiete (> ca. 100 km²) ⇨ ROG-Novelle erforderlich
E	***landes*weiter Raumordnungsplan und Regionalpläne**
10	RG von akustischen, optischen u.a. Störquellen frei- u. fernhalten ⇨ Ruhe i.w.S. schützen, s.S. 100: Tab. 13 ⇨ **Trennungsgrundsatz** konsequent anwenden (§ 50 BImSchG). ⇨ Konfliktbewältigung bzgl. RG und „neuen“ Störquellen, z.B. zunehmende Errichtung von **Windenergieanlagen** (WEA) u. **Freileitungen** infolge der Energiewende

Nr.	**Kurzbeschreibung der Maßnahme** – vgl. mit Abb. 78 und hinsichtlich der Planungsarten u. -ebenen mit Tab. 87, S. 349
	⇨ WEA-Standorte als kombinierte Vorrang- und Eignungsgebiete festlegen ⇨ WEA nur in diesen Gebieten zulässig, außerhalb *in der Regel* (Ausn. möglich) verboten
11	RG sind namentlich als „Ruhige Gebiete" festzulegen und zwar als a) Vorrang- b) Vorbehalts- *oder* c) Eignungsgebiete (§ 8 Abs. 7 ROG) – soweit möglich (s. B4). zu a): In **Vorrang**gebieten sind störende Nutzungen verboten ⇨ RG sind als ***Ziele* der Raumordnung** von Regional-, Bauleit- u. Fachplanungen *streng zu beachten* ⇨ bestmöglicher Schutz für RG – *grds.* auch vor Hauptlärmquellen (s. F12) ⇨ ABER: Zielbindungspflicht und Verbote greifen nur, wenn die störende Nutzung raumbedeutsam ist. zu b): In **Vorbehalts**gebieten sind störende Nutzungen nicht ausgeschlossen ⇨ RG sind als *Grundsätze* der Raumordnung in der Abwägung mit anderen Belangen zwar mit besonders hohem Gewicht zu berücksichtigen, aber „wegwägbar" ⇨ geringerer Schutz von RG (nur 2. Wahl), aber ggf. dennoch sinnvoll. zu c): In **Eignungs**gebieten ist eine bestimmte Nutzung zulässig, außerhalb streng verboten. Strittig bleibt, ob sich die für „geeignet erklärte Nutzung" gegenüber konkurrierenden Nutzung „automatisch" durchsetzt (Stüer, 2009; Kment, 2011; OVG Lüneburg, 2011) ⇨ ungeeignet für RG, weil außerhalb keine mehr festgelegt werden könnten. ABER: für Lärmquellen – z.B. WEA – zu empfehlen, ggf. als „kombiniertes Vorrang- *und* Eignungsgebiet" (= Garantie: WEA bzw. Lärmquellen sind nur dort zulässig), s. E10. Beachte: Die Instrumente schützen nur *raumbedeutsame* RG und diese auch nur vor störenden *raumbedeutsamen* Nutzungen.
F	**Flächennutzungsplan = F-Plan**
12	RG sind namentlich als „Ruhige Gebiete" darzustellen und zwar als **a) Vorrang- b) Vorbehalts-** *oder* c) Eignungsgebiete (§ 35 Abs. 3 BauGB ≙ § 8 Abs. 7 ROG, s. E11) Beachte: 1) RG nicht unter Nr. 5, 9 o. 10 (des § 5 Abs. 2 BauGB) subsummieren, sondern als eigenständiges Schutzgut behandeln, da jeweils unterschiedliche Schnittmengen von Ruhe mit Grünfläche, Natur, Wald usw. bestehen, aber keine Identität: „Ruhige Gebiete sind kein Anhängsel des BNatSchG oder BWaldG." (s. Kap. 7.5.6, S. 325) 2) § 5 Abs. 2 BauGB listet die Darstellungsmöglichkeiten eines F-Planes *nicht* abschließend auf („insbesondere") ⇨ „Ruhige Gebiete" sind als neuer Flächentyp zulässig. F-Plan-Wirkung: 1) Entwicklungsgebot = Selbstbindung der Gemeinde, die B-Plan *grds.* aus F-Plan entwickeln muss (§ 8 Abs. 2 BauGB). ABER: B-Pläne zur Innenentwicklung (≤ 7 ha) können vom F-Plan abweichen (§ 13a BauGB) ⇨ **Gefahr/Chance für wohnungsnahe RG im Siedlungsbereich** ⇨ Konfliktausgleich durch gerechte Abwägung widerstreitender Belange wie Ruhe, Stadtklima, -ökologie, ... ⇔ Flächenverbrauch (30 ha-Ziel, sparsamer Umgang mit Boden), Schaffung von Wohnraum, ... ⇨ RG sind in ausreichender Anzahl u. Qualität bei guter Erreichbarkeit zu schützen (= Schutz i.w.S., s. Fußnote 35, S. 68). 2) Anpassungspflicht für öffentliche Planungsträger (§ 7 Abs. 1 BauGB), ABER: nur wenn sie beteiligt wurden u. dem F-Plan nicht widersprochen haben. 3) Zulassung baulicher Anlagen im **Außenbereich** (§ 35 BauGB): F-Plan ist *das* gemeindliche Steuerungsinstrument für den Außenbereich (hier sogar mit Wirkung einer Rechtsnorm, Kment, 2011) ⇨ F-Plan ist als öffentlicher Belang wie folgt zu berücksichtigen: a) bei *nicht-* privilegierten Vorhaben: sie scheitern bereits dann, wenn sie die RG-Darstellung eines F-Planes *beeinträchtigen*; sie sind *grds.* nur im Einzelfall zulässig. b) bei *teil-* privilegierten Vorhaben: sie scheitern nicht an F-Plan o. Landschaftsplan (*un*beachtlich) – ABER: ggf. am **Lärmaktionsplan** ⇨ ist zu *beachten* u. **kann RG schützen** c) bei privilegierten Vorhaben: sie scheitern an F-Plan nur dann, wenn ihnen die RG-Darstellungen *entgegenstehen* 4) F-Plan ist von Landes-, Regional- u. Fachplanungen zu berücksichtigen, d.h. gegenüber anderen Belangen abzuwägen; ABER: F-Plan-Darstellung ist *grds.* „wegwägbar" Keine Wirkung: 1) B-Pläne gehen vor. 2) privilegierte Fachplanungen (§ 38 BauGB) gehen vor ⇨ überörtliche Verkehrsinfrastrukturen (STR, SCH, FLG, …): nicht abwehrbar, können RG beeinträchtigen o. zerstören ⇨ **RG schutzlos bzgl. Hauptlärmquellen**, es sei denn E11a greift ⇨ **RG** rechtlich **stärker privilegieren**. 3) Zulassung baulicher Anlagen im **unbeplanten** (= kein o. nur einfacher B-Plan, § 30 Abs. 3 BauGB) **Innenbereich** (§ 34 BauGB) richtet sich allein nach Eigenart der Umgebung ⇨ F-Plan irrelevant.
13	**Gemeindeübergreifende RG** besser schützen durch interkommunale Zusammenarbeit ⇨ a) **gemeinsame** *oder* b) **regionale Flächennutzungspläne** aufstellen. zu a) Die Gemeinden müssen benachbart sein, B-Pläne können nicht gemeinsam aufgestellt werden (§ 204 Abs. 1 BauGB und Kment, 2011) zu b) Die Gemeinden müssen nicht benachbart sein, der Plan muss die Anforderungen an Regionalpläne *und* gleichzeitig F-Pläne erfüllen (§ 8 Abs. 4 ROG)
G	**Bebauungspläne = B-Pläne**
14	Ziel: RG sind namentlich als „Ruhige Gebiete" festzusetzen ⇨ momentan unzulässig, da RG nicht im abschließenden §9-BauGB-Katalog enthalten sind ⇨ § 9 BauGB erweitern um **„öffentliche und private Ruhige Gebiete"** (analog zu Grünflächen in § 9 Abs. 1 Nr. 15 BauGB) ⇨ BauGB-Novelle erforderlich. Beachte: Private RG sind auch zu schützen.
15	Momentan: RG ersatzweise als Grünfläche, Wald, Natur o.Ä. (Nr. 15, 18, 20) festsetzen, mit Schutzflächen (Nr. 24, 25) umgeben, störende Nutzungen (Nr. 11) fernhalten.

9.3 Vorbildliche praktische Beispiele

Die praktischen Beispiele sollen zeigen, was andere bereits für den Schutz Ruhiger Gebiete getan haben und zum Nach- oder Bessermachen anregen. Die Auswahl beschränkt sich auf 10 Musterbeispiele und soll vor allem die Vielfalt durchführbarer Maßnahmen zeigen. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern veranschaulicht teils einzelne Aspekte des vorangehenden Abschnitts, knüpft teils an die Beispiele in Kap. 2.3 u. 2.4 (S. 87 u. 107) an und enthält auch unkonventionelle Aktionen zum Schutz Ruhiger Gebiete.

1) <u>Definition, Kartierung und Schutz</u>: Mitwirkung der Öffentlichkeit via Internet

Das Internet lässt sich für Lärm- und Ruhekartierungen vielseitig nutzen:

- Durchführung von Meinungsumfragen, um zu erfahren, was Ruhige Gebiete sind:
    - Analog zu den Online-Umfragen des Umweltbundesamtes zur subjektiv bewerteten Lärmbelästigung (UBA, 2008, s.a. Tab. 10, S. 89) lassen sich Fragen zu Ruhigen Gebieten stellen, z.B. „Was verstehen Sie persönlich unter ‚Ruhe' und was unter ‚Stille'?" (s. Tab. 12, S. 95)
- Beschaffung realer Geobasis- und Fachdaten für Akustik-Modelle:
    - Das Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim als in Niedersachsen für die Kartierung zuständige Landesbehörde bot den Gemeinden bereits in der 1. Stufe der END an, die bereitgestellten Akustik-Modelle zu überprüfen und ggf. durch eigene Daten zu verbessern und zu erweitern, also z.B. reale DTV-Werte für Gemeindestraßen einzugeben (Mummenthey, 2011)
    - In der 2. Stufe verfahren z.B. Mecklenburg-Vorpommern und Thüringen ähnlich (Lewke, 2011; Pliquett, 2011; Zacharias, 2012)
    - Die Webdienste lassen sich über die Gemeinden hinaus für die Allgemeinheit freischalten. Dadurch kann jeder aufgrund seiner Ortskenntnisse die bereitgestellten Akustik-Modelle korrigieren und ergänzen, z.B. fehlende oder pauschale DTV-Werte durch reale ersetzen – analog OpenStreetMap etc. Über differenzierte Nutzungsrechte (Rollen) und Prüfroutinen lässt sich das Risiko von Missbrauch minimieren
- Kartierung zusätzlicher Lärmarten, akustischer und nicht-akustischer Faktoren:
    - In den Städten Essen und Leipzig konnten sich Bürger via Internet an der Lärmaktionsplanung beteiligen und sowohl Lärmbrennpunkte (Hotspots, s.S. 275) als auch Ruhige Gebiete (Coldspots) melden und auf interaktiven Karten eintragen (Märker et al., 2010; Leipzig, 2011)
    - Über die END hinausgehende Lärmarten und andere Faktoren können berücksichtigt werden
- Wissensvermittlung und Werbung für Ruhige Gebiete (s.a. Kap. 8.3.7, S. 342)

Trotz aller Chancen sind bei der Internetnutzung hinsichtlich Datenqualität, Repräsentativität usw. einige Besonderheiten zu beachten, was aber hier nur erwähnt werden soll (vertiefend: z.B. Kutsch, 2007). Davon abgesehen, erreicht das Internet nicht die gesamte Öffentlichkeit, weil in Deutschland rund **23 %** der privaten Haushalte **keinen Internetzugang** besitzen (DESTATIS, 2012a; Stand 2011). Zudem ist es nicht für jeden Nutzer und jedes Anliegen das optimale Kommunikationsmedium. Folglich kommt es auf einen geeigneten „Medienmix" an (Kubicek, Lippa & Westholm, 2009).

2) <u>Kartierung</u>: 100 Soundscapes of Japan, Natural Sounds Program, Save Our Sounds

Charakteristisch für eine Landschaft sind nicht nur biotische und abiotische Faktoren wie z.B. Vegetation, Gewässer, Relief oder visuell wahrnehmbare Landschaftsstrukturen, sondern auch ihre natürlichen oder anthropogenen Geräusche (Klänge). Deshalb gibt es einige Projekte, die ausgewählte Klanglandschaften oder einzelne Geräusche kartieren, z.B.:

- 100 Soundscapes of Japan: Preserving Our Heritage – Japan:
  - „From 1994 to 1997, the Japanese epa carried out a project entitled 100 Soundscapes of Japan: Preserving Our Heritage in order **to raise awareness of and preserve Japan's natural and cultural soundscape heritage**. The project encouraged individuals or groups of people throughout the country to recommend soundscapes which could be appreciated in specific localities and which the dwellers would wish to preserve or to conserve for the **next generation**."[636]
- The Natural Sounds Program – USA:
  - „**Natural and culturally appropriate sounds** are an important element of the national park experience. The National Park Service has determined that the soundscape is **a ressource and a value** to be appreciated and **protected** ... in such a way as to leave it unimpaired for enjoyment by **future generations** ..."[637]
- Save Our Sounds – GB, weltweit:
  - „So here at the BBC we want to build a sound map of the world - and **save endangered sounds from extinction**."[638]

Die Bestandsaufnahmen (= Geräusch-Inventarisierungen) verfolgen als Primärziel den Schutz von Klanglandschaften und als Sekundärziel die Konservierung „bedrohter" Geräusche via Tonaufnahme. Dadurch sollen sie als kulturelles Erbe der Nachwelt erhalten bleiben. Gleichzeitig führen die Arbeiten zu einem besseren Verständnis von Ruhe i.w.S. und liefern zahlreiche (potentiell) Ruhige Gebiete.

3) <u>Festlegung</u>: Ruhegebiete/Landschaftsruhezonen für die Erholung – Tirol/Schweiz

Auf Grundlage des **Tiroler** Naturschutzgesetzes von **1997** (TNSchG 1997) war es bereits 5 Jahre vor der END möglich, außerhalb von Siedlungen liegende Flächen für die Erholung durch *Verordnung* zum Ruhegebiet zu erklären[639]:

- „(1) Die Landesregierung kann **außerhalb geschlossener Ortschaften** gelegene Gebiete, die für die Erholung in der freien Natur dadurch besonders geeignet sind, dass sie sich wegen des Fehlens von lärmerregenden Betrieben, von Seilbahnen für die Personenbeförderung sowie von Straßen mit öffentlichem Verkehr durch weitgehende Ruhe auszeichnen, **durch Verordnung** zu **Ruhegebieten** erklären, wenn die Erhaltung dieser Gebiete für die **Erholung** von besonderer Bedeutung *ist* oder **voraussichtlich** ***sein wird***.
- (2) In Ruhegebieten sind **verboten**:
  - a) die Errichtung von lärmerregenden Betrieben;
  - b) die Errichtung von Seilbahnen für die Personenbeförderung;
  - c) der Neubau von Straßen mit öffentlichem Verkehr;
  - d) jede erhebliche Lärmentwicklung;
  - e) die Durchführung von Außenlandungen und Außenabflügen mit motorbetriebenen Luftfahrzeugen ..."

Mit Stand November 2012 existieren in Tirol 8 Ruhegebiete – Gesamtfläche = ca. 1.300 km² ≙ **10,3 %** der Landesfläche Tirols – aber kein Ruhiges Gebiet i.S. der END (Tirol, 2012).

In der **Schweiz** hat das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) 2009 ein Konzept i.S. von Art. 13 des Raumplanungsgesetzes über „**Landschaftsruhezonen** für die Luftfahrt" vorgelegt (BAZL, 2009, S. 1, Hervorhebungen durch den Autor). Über den Fluglärm hinausgehend sind diese wie folgt definiert (BAZL, 2009, S. 3, Hervorhebungen durch den Autor):

---

[636] Torigoe (2005, p. 9, Hervorhebungen durch den Autor).
[637] NPS (2012, p. 1, Hervorhebungen durch den Autor), s.a. S. 98.
[638] BBC (2012, p. 1, Hervorhebungen durch den Autor).
[639] § 11 TNSchG 1997, Hervorhebungen durch den Autor; nahezu unverändert auch der aktuelle § 11 TNSchG 2005.

- „... grössere Landschaftskammern, die **arm an anthropogenen Lärmquellen** sind. In solchen Ruhezonen ist das angestrebte Schutzziel die Vielfalt der **natürlichen Geräusche** und die **Stille für die menschliche Erholung**."

Derzeit sieht das BAZL jedoch keine Rechtsgrundlage für Überflugverbote.[640] Von ursprünglich 12 Gebieten werden 4 als geeignet eingestuft, kartografisch abgegrenzt und bestimmte Flugbeschränkungen (keine Verbote) empfohlen. Dem Konzept wird vorgeworfen, es befriedige ausschließlich die Forderungen der Luftfahrt, nicht aber die Bedürfnisse der Menschen nach Ruhe und Stille (Mountain Wilderness 2009 und 2011, S. 1):

- „Seit 1974, seit 35 Jahren also wartet die Bergwelt darauf, dass das Bundesamt für Zivilluftfahrt Zonen bestimmt, wo die die (sic!) Ruhe und Stille in den Bergen nicht durch Fluglärm gestört wird."

4) <u>Festlegung</u>: LSG „Südwest-Rügen-Zudar" – Ruhe als Schutzzweck

In Mecklenburg-Vorpommern hat der Landkreis Rügen (2010) im Jahr 2010 eine 114,5 km² große Fläche per *Verordnung* zum Landschaftsschutzgebiet erklärt (Abb. 79).

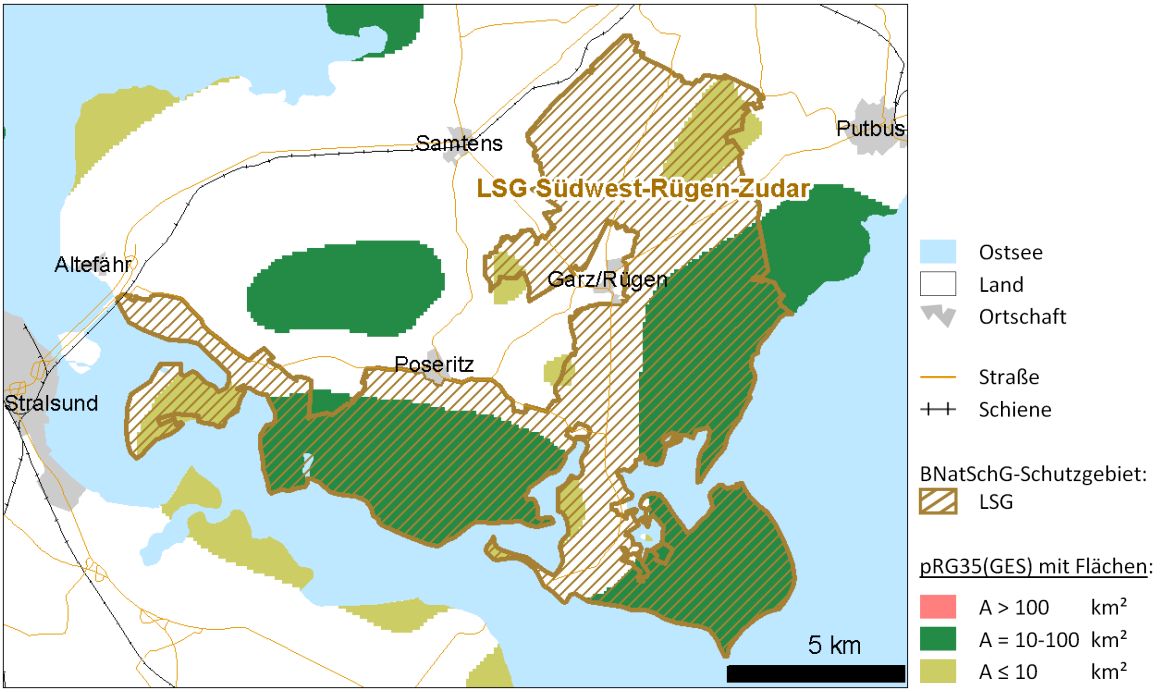


Abb. 79: LSG „Südwest-Rügen-Zudar" – Schutzzweck: Erhaltung sowie Verbesserung der Ruhe.

Im Hinblick auf das Schutzgut „Ruhe" besagt die Verordnung[641]:

- Gebietscharakter (§ 3): „Das Gebiet ... eignet sich daher hervorragend für landschaftsgebundene und naturverträgliche Freizeitnutzungen für Menschen, die Ruhe und Entspannung suchen."
- Schutzzweck u. Erhaltungsziele (§ 4): „... 3. wegen der besonderen Bedeutung für die Erholung. Eine landschaftsbezogene Erholung soll unter größtmöglicher Rücksichtnahme auf Natur und Landschaft gewährleistet werden ... 6. zur Erhaltung sowie Verbesserung der Ruhe des Gebietes und dessen Eignung für die ungestörte landschaftsgebundene Erholung sowie 7. zur Sicherung und Entwicklung einer hohen Erlebnisqualität in der Landschaft."
- Verbote (§ 5): „... 9. Windkraftanlagen oder Funkmasten zu errichten... 17. Veranstaltungen, die mit erheblichem Lärm verbunden sind oder auf andere Weise die Ruhe der Natur oder den Naturgenuss durch außergewöhnlichen Lärm stören können, durchzuführen ..."

Das LSG ist tatsächlich sehr ruhig: **55 %**, 87 % u. 98 % sind **pRG35**, pRG45 bzw. pRG55.[642]

---

[640] Militärischer Flugverkehr ist von den Regelungen des zivilen Luftverkehrs ausgeschlossen.
[641] Quelle sämtlicher Zitate: Landkreis Rügen (2010).
[642] Vergleiche mit Tab. 78 (S. 322): Für alle LSG in Hessen gilt, *unabhängig* vom Schutzzweck: 5 %, 20 % und 56 %.

5) <u>Festlegung und Schutz</u>: Stiltegebieden – Niederlande – 1979 ff.

Bereits **seit 1979** verpflichtet das niederländische Lärmschutzgesetz die Provinzen, Flächen als „Stiltegebieden" dort auszuweisen, wo natürliche Geräusche und Klänge nicht oder kaum durch menschliche (anthropogene) Geräusche gestört werden. Die Gesamtfläche der „Stiltegebieden" beträgt 2008 15,7 % der Landes- und **8,9 %** der Landfläche.[643]

Die Provinz Gelderland (2010, S. 1) unterscheidet folgende 4 Arten von Ruhigen Gebieten:

1. „Verpflichte stiltegebieden" – ganzjährig, i. Ggs. zu Nr. 2 u. 3
2. Stiltegebieden, die nur am Wochenende diesen Status besitzen
3. Stiltegebieden, die nur von November bis April diesen Status besitzen
4. „Proefgebieden"

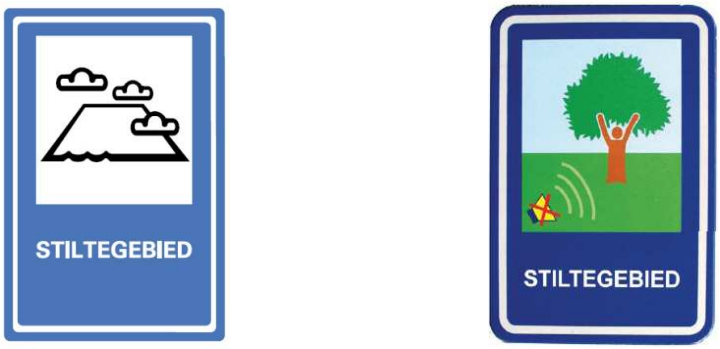
Dadurch lassen sich örtliche Besonderheiten geeignet berücksichtigen, Gestaltungsspielräume ausschöpfen und Ruhige Gebiete flexibel festlegen. Der ursprünglich räumlich gedachte und praktizierte Trennungsgrundsatz (analog § 50 BImSchG) ist hier ein **zeitlicher Trennungsgrundsatz** geworden: Ein und derselbe Raum (Gebiet) wird mehrfach genutzt, indem unvereinbare Nutzungen zeitlich gestaffelt *nach*einander statt *neben*einander befriedigt werden. Das wird dann gut gelingen, wenn die konfligierenden Nutzungen selbst schon einem „natürlichen Wochen- oder Jahresgang" unterliegen, z.B. die Nutzung eines Sees zum Baden (Sommerhalbjahr) oder als Ruhiges Gebiet (Winterhalbjahr).

Für den Schutz von „Stiltegebieden" gilt ferner (Davidson, 2008; Willems, 2008):

- Ziel: Erhalt bestehender Gebiete, d.h. Lärmz*unahme* verhindern – analog zur END
- Nicht-Ziel: Sanierung – Kosten seien zu hoch und Akzeptanz zu gering
- Instrumente:
    - schwerpunktmäßig **Raumplanung** – wird am wichtigsten erachtet
    - **Ausgleich** von zerstörten o. beeinträchtigten Gebieten an anderer Stelle
    - konkrete Lärmschutzmaßnahmen, z.B. **Untertunnelung** von Gebieten[644]

6) <u>Schutz</u>: Kennzeichnung/Beschilderung Ruhiger Gebiete – Niederlande/Flandern

In den Niederlanden und Flandern (Belgien) stehen an den Zugängen zu Ruhigen Gebieten besondere Hinweisschilder (Abb. 80). Dadurch sind Besucher informiert, dass sie ein besonderes Schutzgebiet betreten und können sich angemessen verhalten.



a) Niederlande (Provinz Drenthe, 2004) *b) Flandern (Belgien, LNE, o.J.)*

Abb. 80: Beispiele für die Kennzeichnung/Beschilderung von Ruhigen Gebieten.

---

643 Es gilt:

a) Niederlande: Landesfläche = 41.528 km² und Landfläche = Landesfläche - Wasserflächen = 33.783 km²

b) Stiltegebieden: Gesamtfläche = 6.500 km² und Landfläche = Gesamtfläche - die auf das Wattenmeer und Zeeland entfallenden Wasserflächen = 3.000 km²

Datengrundlage: zu a): Brockhaus (2006) und zu b): CBS, PBL & Wageningen UR (2012).

644 Beispiel (Davidson, 2008; Willems, 2008): Untertunnelung eines Teils des Stiltegebied „Weide oude Rijnstrangen" (RIVM, 2003) beim Bau der Betuweroute, einer dem Güterverkehr vorbehaltenen Eisenbahnstrecke zwischen Zevenaar und Rotterdam. Das Stiltegebied liegt südlich von Arnheim bzw. Loo direkt am Niederrhein, die Tunnellänge beträgt ca. 2 km.

Wie intuitiv verständlich die Schilder sind, darf hier offen bleiben. Generell ist zu empfehlen, an den Zugängen zu Ruhigen Gebieten Informationstafeln aufzustellen, die folgende Elemente enthalten: 1) Beschilderung, 2) allgemeine Informationen zu Wert, Nutzen und Schutz Ruhiger Gebiete sowie 3) ortsspezifische Hinweise zum konkreten Gebiet. Unabhängig davon sind zielgruppenspezifische Marketingkampagnen durchzuführen, um das neue Schutzgut samt Beschilderung (Logo) einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen – s.a. Pflicht der öffentlichen Hand zur Umweltbildung: § 2 BNatSchG u. Art. 1 END.

7) Schutz: Räume der Stille, Linzer Charta und Kampagnen gegen Zwangsbeschallung

Seit 1994 gibt es neben dem Brandenburger Tor in Berlin – also just dort, wo Berlin laut und hektisch ist – den Raum der Stille (Abb. 81).

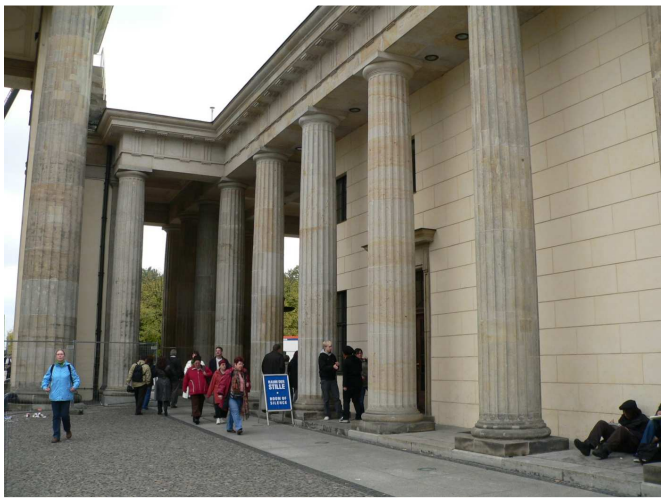


Abb. 81: Raum der Stille am Brandenburger Tor in Berlin.

Der Förderkreis Raum der Stille in Berlin e.V. (o.J., S. 2) beschreibt seinen Zweck wie folgt:

- „Er soll allen Menschen, unabhängig von Herkunft, Hautfarbe, Weltanschauung, Religion und körperlicher Verfassung Gelegenheit bieten, einzukehren, eine Weile in Stille Platz zu nehmen, sei es einfach, um zu entspannen, sich von der Hektik der Großstadt zu lösen und etwas Kraft für die Bewältigung des Alltags mitzunehmen, sei es, um sich an diesem geschichtsträchtigen Ort mit seinen düsteren, aber auch hoffnungsvollen Erinnerungen zu besinnen, zu meditieren, zu beten."

Ähnliche Räume gibt es auch in anderen Städten: im Hauptbahnhof von Osnabrück, in der Leipziger Innenstadt, im Krankenaus Friedrichstadt in Dresden oder als „Ruhepol Centralkino" in der Linzer Innenstadt (nur 1 Jahr, bis November 2009) usw.

Damals war **Linz** Kulturhauptstadt Europas und hatte mit „Hörstadt [eine] weit über das Jahr 2009 hinaus gedachte Initiative ... **für eine bewusste und menschenwürdige Gestaltung unserer hörbaren Umwelt**"[645] gestartet. Weitere Aktivitäten, die auch dem Schutz Ruhiger Gebiete dienen, waren:

- „Die Linzer Charta":
  - Ziel: „... Kompass auf dem Weg zur vorerst utopischen akustischen Musterstadt Europas ..."
  - Maßnahmen: z.B. eine akustische Stadtentwicklung und Stadtgestaltung
- „Beschallungsfrei – Die Kampagne gegen Zwangsbeschallung":
  - Ziel: „... Erhaltung und Schaffung öffentlich zugänglicher Ruhezonen ..."
  - Maßnahmen: z.B. die Betreiber von Einkaufszentren und anderen Geschäften überzeugen, auf Dauerbeschallung aus Lautsprechern (Musik, Werbung etc.) zu verzichten, damit die Kunden „in Ruhe" einkaufen können

[645] Dieses und alle weiteren Zitate aus Linz (2012, S. 1, Hervorhebungen durch den Autor).

8) <u>Schutz</u>: Reiseführer zu „Stillen Winkeln“

In der Reihe Stille Winkel in … des Hamburger Verlages Ellert & Richter sind **seit 2007** insgesamt 12 Reiseführer erschienen (Ellert & Richter, 2012). Die Autoren beschreiben für unterschiedliche Reiseziele – von A wie Andalusien bis Z wie Zingst oder Zürich – **Stille Winkel** (alias Ruhige Gebiete) und ihre Reiseerlebnisse in den jeweiligen Städten und Regionen.

Neben dieser Reihe gibt es thematisch ähnliche Reiseführer, die aber z.T. vollkommen anders ausgestattet sind. Ein Beispiel ist Quiet London (Wall, 2010), ein kleines Buch, das **ca. 140 Ruhige Gebiete in London** mit Foto und Kurzportrait vorstellt: Museen, Büchereien, Kirchen, Parks, kleine Geschäfte, Restaurants, Kaffee- und Teehäuser, Buchläden, Galerien, Pubs, Weinlokale, Hotels usw. – schwerpunktmäßig also **ruhige Innenräume**.

Beide Beispiele zeigen auf ganz unterschiedliche Weise, wie eine gelungene Werbung für Ruhige Gebiete und sanften Tourismus aussehen kann.

Vergleichbare „Reiseführer“ ließen sich auf Grundlage der in dieser Arbeit kartierten pRGx erstellen. Dazu wären die pRGx aufzusuchen und jene auszuwählen, die sich als wahre Ruhige Gebiete herausstellen. Gemeinden könnten z.B. die für Naherholung und ggf. Tourismus geeigneten Gebiete beschreiben – von der wohnungsnahen Kleinstfläche bis zum Stadtwald. Andere Institutionen könnten Gleiches für die landes- oder deutschlandweiten Ruhigen Gebiete tun. Durch ein geeignetes Besuchermanagement wäre ggf. sicherzustellen, dass die von den „Reiseführern angelockten“ Ruhesuchenden das Schutzgut nicht beeinträchtigen oder gar zerstören.

9) <u>Schutz</u>: Ruhebeauftragte – Hattersheim und London

Seit **mehr als 10 Jahren** besitzt die Stadt Hattersheim Deutschlands wohl einzige Ruhebeauftragte (BUND, 2011). Deren Aufgabe lautet:

- „… die Bürger/-innen in Fragen des **aktiven Ruheschutzes** und der Lärmminderung zu beraten. Dabei nimmt sie eine **Mittlerfunktion** zwischen den Bürgern und der Stadtverwaltung ein.“[646]

Eine ähnliche Rolle spielt der **2003** eingesetzte „Sound Officer“ von London. Er empfiehlt:

- „Wir sollten nicht vom Lärm reden, sondern über den Klang nachdenken – den positiven Klang der Stadt.“[647]

10) <u>Selbstschutz</u>: Zur inneren Ruhe finden

Technische, organisatorische und planerische Maßnahmen können zwar einer Stadt oder Landschaft zu einem „positiven Klang“ verhelfen oder hochwertige Ruhequalitäten schaffen. Diese äußere Ruhe führt aber wohl kaum automatisch – ohne eigenes Zutun – zu innerer Ruhe (S. 95). Die wird sich wahrscheinlich nur dann einstellen, wenn jeder einzelne Mensch zuvor seinen individuellen Weg gefunden hat, zunächst einmal in sich selbst einen „Ruhepol“ – als eine Art Kristallisationskeim – zu schaffen. Das wiederum erfordert vielfach veränderte Denkmuster, Wertvorstellungen und Verhaltensweisen (s.a. Abb. 78, S. 358)[648].

---

[646] Stadt Hattersheim (2012, S. 1, Hervorhebungen durch den Autor).

[647] Max Dixon, zitiert nach phonostar (2009, S. 1), s.a. WDR (2009).

[648] Hierzu bietet der Seminar- und Büchermarkt für nahezu jeden Anspruch eine Vielzahl von Anleitungen. Um einen Eindruck zu vermitteln, seien hier beispielhaft einige Autoren und Buchtitel (sortiert nach Erscheinungsjahr) erwähnt:

- Jon Kabat-Zinn (1998): Im Alltag Ruhe finden. Das umfassende praktische Meditationsprogramm
- Harald Koisser (2007): Die Rückeroberung der Stille. Auswege aus Stress und Reizüberflutung
- Anselm Grün (2008): In die Stille finden. Mönchische Erfahrungen für den Alltag
- Ursula Richard (2011): Stille in der Stadt. Ein City-Guide für kurze Auszeiten und überraschende Begegnungen

10. Fazit & Ausblick

Heutzutage lassen sich selbst große Gebiete (ganze Bundesländer etc.) mit allen Lärmquellen (Straßen, Schienen, Flughäfen usw.) effektiv und effizient mit sofort verfügbarer Standardtechnik kartieren. Eine wirkungsgerechte Pegeladdition der einzelnen Lärmarten ergibt Gesamtlärmkarten, die fundierte Aussagen zur Gesamtlärmbelastung liefern.
Diese hochwertigen, fairen und großflächigen – und folglich bestmöglichen – Lärmkarten decken den gesamten Pegelbereich ab und liefern eine zuverlässige sowie vollständige Bestandsaufnahme der Lärm- und Ruhesituation in einheitlicher Qualität für das gesamte Land, d.h. für den Siedlungs- und Freiraum. Auf ihnen als Fundament lässt sich ein modernes Lärmmanagement aufbauen, das Lärmbekämpfung und Ruheschutz (hohe und niedrige Pegel) als gleichrangige Aufgaben verfolgt und das nicht ungewollt den Übergangsbereich (mittlere Pegel) verlärmt. Insgesamt ergibt sich ein 4-facher Nutzen: Gesundheit fördern, Krankheiten vermeiden, den Artenschutz durch Ruheräume verbessern, Naturgeräusche und Klanglandschaften auch für künftige Generationen bewahren.
Aufgrund der bestmöglichen Lärmkarten dieser Arbeit ist bekannt, wo die potentiell Ruhigen Gebiete (= pRG = Ruhige Gebiete i.S. der END) in Hessen und Deutschland liegen:

- in Hessen: alle pRG ab A > **100 m²** = 0,01 ha im Frei- *und* Siedlungsraum
- in Deutschland: alle pRG ab A > **1 *k*m²** = 100 ha im Freiraum

Die Nachfrage nach Ruhigen Gebieten ist hoch: 66 % der Menschen gehen in die Natur, um Ruhe zu genießen – 61 % suchen den Wald auf, wenn sie in die Natur gehen (S. 102).
Für Hessen (in Klammern: Deutschland) gilt:

- 10 % (14 %) der Landesfläche sind hochwertige pRG35(GES)
- 83 % der hessischen pRG35(GES) liegen im Wald
- 75 % (53 %) des Waldes gehört der öffentlichen Hand[649]

Danach hat die öffentliche Hand Zugriff auf die meisten pRG35(GES) und kann z.B. durch eine lärmarme und ökologische Bewirtschaftung der Wälder direkt für Ruhe i.w.S. sorgen. Indirekt gilt das ebenso, weil häufig die öffentliche Hand entscheidet, ob und wo Lärmquellen entstehen und sie diese daher auch von Ruhigen Gebieten fernhalten kann.
Somit trägt die **öffentliche Hand** nicht nur eine große Verantwortung, sondern kann dieser auch nachkommen und mit gutem Beispiel vorangehen und vorbildlich Handeln:

- Als *Sofort*maßnahme die *vielen* Ruhigen Gebiete im Wald schützen
- *Generell* Ruhige Gebiete im Frei- und Siedlungsraum schützen

Ein wirkungsvoller Schutz der Ruhigen Gebiete erfordert zweierlei:

1. **Integration** von Lärmkartierung und Lärmaktionsplanung in die Fach- und Gesamtplanungen sowie in behördliches und sonstiges Handeln
2. **Kooperation** zwischen Lärmaktionsplanung und anderen Planungen

Aber auch **jeder Einzelne kann handeln**, weil jeder Lärmverursacher *und* Nutznießer der Ruhigen Gebiete ist. Mit den vorhandenen Instrumenten lassen sich bereits heute viele Ruhige Gebiete schützen. Ein wirksamer Schutz erfordert jedoch den Abbau bestehender Defizite – und setzt andere Denk- und Verhaltensweisen voraus, die dem Ruheschutz einen höheren Stellenwert einräumen. Erst dann wird mit bestmöglichen Lärmkarten und modernem Lärmmanagement das machbar sein, was die END fordert: ein hohes Gesundheits- und Umweltschutzniveau zu etablieren.

[649] Anteil von Staats- u. Körperschaftswald am Gesamtwald. Hessen: HMUELV (2012), Deutschland: AGDW (2012).

Demgegenüber wird die END in der 2. Stufe 2012 europaweit fast überall genauso umgesetzt wie in der 1. Stufe 2007: streng 1:1 nach den Mindestanforderungen (mit Schwellen). Das gilt auch für das Bundesland Hessen und hat dramatische Folgen[650]:

- **90 %** der Landesfläche bleiben **unkartiert** und ohne Pegel-Informationen
- **75%** der tatsächlich lärmbelasteten Menschen bleiben **unentdeckt**
- **100 %** der Ruhigen Gebiete bleiben **unauffindbar**

⇨ **Lärm wird *unter*schätzt – Ruhige Gebiete bleiben *un*geschützt**

Die Ergebnisse sind grundsätzlich verallgemeinerbar.
Die Ruheschützer wissen nicht, wo sich die Ruhigen Gebiete befinden, und den Lärmbekämpfern geht es kaum besser. **1:1-Kartierungen sind ineffektiv und ineffizient** und in Deutschland **seit 20-40 Jahren überholt** – großer Aufwand bei geringem Nutzen.
Die Lärmaktionspläne konzentrieren sich fast ausschließlich auf die klassische Lärmbekämpfung, Ruhige Gebiete werden nicht oder nur stiefmütterlich behandelt.
Im Bundesland Hessen enthält keiner der bis November 2012 aufgestellten Lärmaktionspläne auch nur eine einzige Maßnahme zum Schutz Ruhiger Gebiete.

Bestmögliche Lärmkarten sind effektiver und effizienter (besser und billiger) als 1:1-Karten – aber erstellt werden sie trotzdem nicht. Warum?
Ruheschutz und Lärmbekämpfung beginnen im Kopf. Damit sich etwas ändert, muss sich zunächst in den Köpfen und dann im Verhalten und Handeln etwas ändern.
Bessere Lärmkarten sind deshalb eine Herausforderung für die Akustik und mehr noch für die **Organisationspsychologie**. *Technische* Lösungen (diese Arbeit) können daher nur ein erster Schritt hin zu einer Gesamtlösung sein. Das zeigen auch die Ergebnisse von Experteninterviews (Tab. 93). Die daraus abgeleiteten organisationspsychologischen und psychologischen Implikationen (= Hypothesen) deuten mögliche Lösungswege an.

Tab. 93: Umsetzung der END: organisationspsychologische und psychologische Implikationen.
Datengrundlage: 6 explorative Experteninterviews mit amtlichen Lärmkartierern (Jäschke, 2011b).
Hypothesen (= Implikationen): Beruhen allein *auf den Sichtweisen der 6 Lärmkartierer und sind zu prüfen.*
⇨ Faires Gesamturteil ist erst möglich nach *weiteren Interviews mit Experten, aber auch mit Führungskräften, Politikern usw. [= in den Hypothesen erwähnte Gruppen] sowie zusätzlichen quantitativen Erhebungen.*

Nr.	**Hypothese** – im Originalwortlaut (Jäschke, 2011b, S. 4 f.)
1	„Keine, unklare, unbekannte und unkontrollierte Ziele."
2	„Lärmkartierungen: Projekte ohne Projektmanagement."
3	„Hierarchien erschweren die Kommunikation und Zusammenarbeit."
4	„Politik und Vorgesetzte können oder wollen nicht beraten werden."
5	„Führungskräfte: ‚Problem-Zensur' verhindert Lösungen."
6	„Führung findet nicht statt – und wenn, dann stört sie mehr als daß sie nützt."
7	„Vorschriften und Dienst nach Vorschriften verhindern gute Lärmkarten."
8	„Personalabbau gefährdet einen wirksamen Schutz der Bevölkerung vor Lärm."
9	„Idealistisch, zufrieden und gefrustet – kreative Nischen statt (innerer) Kündigung."
10	„Lärmkartierung: ein technisches und organisationspsychologisches Problem."

Wie eine *organisationspsychologische* Lösung und damit eine Gesamtlösung aussieht, wer sie wie und wann realisieren kann, muss hier offen bleiben.
Eines aber steht jetzt schon fest: Die Ruhigen Gebiete sollten es uns wert sein, dass wir gemeinsam mit vereinten Kräften nach einer Gesamtlösung suchen – und diese finden.

[650] Jeweils i. Vgl. zu den Ergebnissen der bestmöglichen Lärmkartierung ohne Schwellen („alle Straßen") – Kap. 6.6.8, S. 266.

Anhang

Prioritätenliste – Lärmbelastungen in allen 430 Gemeinden Hessens: Außenraum und Wohngebäude

Anmerkung 1:

Die Spaltennamen besitzen folgende Bedeutung:

- Gemeinde = Gemeindename ⇨ Tabelle ist alphabetisch von A bis Z nach den Gemeindenamen sortiert
- Einw. = Anzahl der Einwohner in der Gemeinde – GIS-Daten des HLBG (s.S. 143: Tab. 24, Nr. A5), Attribut „EWZ“, Stand 2006
- km² = Fläche der Gemeinde in km² – GIS-Daten des HLBG, s.o.
- STR, SCH, FLG, wSCH, wFLG und GES:
  - STR, SCH, FLG = Straßen-, Schienen- und Fluglärm nach VBUS, VBUSch und VBUF – berechnet mit HEplus
  - wSCH, wFLG = SCH u. FLG mit wirkungsgerechten Zuschlägen gem. Glch. (7.4) u. (7.5), S. 298
  - GES = Gesamtlärm gem. Glch. (7.3), S. 298 [≙ aktuelle EU-Empfehlung (EU, 2002) ≙ Miedema & Oudshoorn (2001)]
- RAS, FAS = Raster-, Fassadenpegel (VBEB, berechnet gem. Fußnote 510, S. 281)
- Mittelwert = L_{DEN}-Mittelwert = Gesamtsumme aller Pegel in der Gemeinde/Gesamtanzahl der Pegel in der Gemeinde:
  - „-999“ = NoData-Pegel
    - Vorkommen: a) bei FAS: In den 3 Gutsbezirken und Michelbuch, weil für diese Gemeinden gilt: Einw. = 0
      b) bei SCH u. wSCH: In Gemeinden, die weiter als 4.000m (= Suchradius) von Schienenwegen entfernt liegen
- **Priorität** = Priorität bzgl. Lärmbekämpfung ⇨ Priorität 1 = höchste Priorität = höchste Lärmbelastung = größter Mittelwert
  - **Welche** Gemeinde ist bzgl. welcher Lärmart **am *stärksten* belastet (= am „lautesten“)**?
  - Wo ist Lärm mit höchster Priorität **zu bekämpfen**?

Anmerkung 2:

- **Umkehrung** der Prioritätenliste = Priorität bzgl. Schutz Ruhiger Gebiete ⇨ Priorität 430 = niedrigster Mittelwert = ruhigste Gemeinde
  - **Welche** Gemeinde ist bzgl. welcher Lärmart **am *wenigsten* belastet (= am „ruhigsten“)**?
  - Wo sind Ruhige Gebiete mit höchster Priorität **zu schützen**?

Anmerkung 3:

- Die Prioritätenliste lässt sich als Entscheidungs*hilfe* vielseitig **nutzen** (Jäschke, 2012, S. 300):
  - „... um Prioritäten zu setzen ... um Diskussionen und Entscheidungen zu versachlichen, um SMARTe politische und administrative Ziele zu setzen und zu evaluieren“
  - u.v.a.m.

			Mittelwert												Priorität											
			FAS						RAS						FAS						RAS					
Gemeinde	Einw.	km²	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES
Aarbergen	6.746	34,0	53,75	-17,22	17,74	-17,22	17,74	53,76	44,76	-3,96	17,48	-3,96	17,48	44,79	347	365	145	365	145	373	339	381	144	381	144	364
Abtsteinach	2.435	11,0	55,41	-999	13,47	-999	13,47	55,41	48,10	-1,09	13,37	-1,09	13,37	48,10	143	400	151	400	151	219	237	379	151	379	151	274
Ahnatal	8.285	18,1	52,90	44,13	-52,28	42,01	-52,28	53,80	48,98	46,09	-52,08	43,14	-52,08	51,04	408	112	400	99	400	371	209	97	401	90	401	189
Alheim	5.370	63,9	53,39	42,05	-42,95	38,93	-42,95	54,13	40,17	42,52	-42,45	40,18	-42,45	44,27	384	132	357	147	357	348	404	135	358	138	358	373
Allendorf (Eder)	5.743	41,8	54,13	36,92	-32,60	36,37	-32,60	54,36	41,73	28,91	-33,13	28,29	-33,13	42,22	301	182	317	177	317	331	391	281	321	283	321	401
Allendorf (Lumda)	4.166	22,1	54,50	-999	-16,48	-999	-16,48	54,50	45,48	-999	-16,54	-999	-16,54	45,48	250	400	240	400	240	311	316	409,5	242	409,5	242	342
Alsbach-Hähnlein	9.294	15,8	55,81	44,14	42,09	41,39	42,02	56,72	56,65	48,05	43,18	44,72	43,35	58,22	102	110	59	108	60	92	48	69	49	65	50	51
Alsfeld	17.832	129,7	56,13	40,43	-26,23	38,74	-26,23	56,42	52,21	36,23	-26,78	34,94	-26,78	52,52	79	151	287	151	287	117	118	206	290	207	290	151
Altenstadt	12.247	30,1	54,63	38,50	8,76	37,52	8,76	55,04	55,63	41,83	8,25	40,02	8,25	56,15	240	170	155	163	155	256	64	147	156	141	156	85
Amöneburg	5.333	43,9	54,85	10,10	-21,89	10,09	-21,89	54,86	47,90	17,47	-21,92	17,39	-21,92	47,95	210	331	264	331	264	279	242	344	266	345	266	280
Angelburg	3.756	16,7	54,46	-999	-22,43	-999	-22,43	54,46	44,98	-999	-22,28	-999	-22,28	44,98	253	400	266	400	266	318	328	409,5	269	409,5	269	356
Antrifttal	2.215	26,5	53,55	16,81	-25,92	16,81	-25,92	53,56	45,76	25,18	-26,15	25,18	-26,15	45,78	372	310	285	310	285	392	306	311	287	310	287	333
Aßlar	13.976	43,6	55,36	48,69	-11,14	44,30	-11,14	56,20	51,76	45,08	-11,92	42,36	-11,92	52,87	150	51	220	56	220	135	134	108	223	107	223	145
Babenhausen	16.446	66,9	54,21	49,94	25,38	45,32	25,38	55,50	50,51	49,80	25,68	45,70	25,68	52,98	293	34	127	34	127	203	166	42	124	43	124	141
Bad Arolsen	16.944	126,5	54,08	34,00	-49,18	32,92	-49,18	54,43	45,04	24,91	-49,00	24,25	-49,00	45,42	309	219	386	219	386	323	327	314	388	315	388	344
Bad Camberg	14.173	54,6	55,31	40,88	25,41	39,16	25,41	55,71	49,23	41,49	22,45	38,70	22,45	49,83	157	148	126	144	126	184	201	149	133	160	133	218
Bad Emstal	6.301	38,7	53,70	1,30	-46,04	1,29	-46,04	53,70	48,75	6,04	-46,04	6,02	-46,04	48,76	354	352	372	352	372	379	216	373	373	373	373	255
Bad Endbach	8.733	39,9	54,38	-999	-19,63	-999	-19,63	54,38	45,41	-999	-19,85	-999	-19,85	45,41	264	400	253	400	253	328	320	409,5	257	409,5	257	345
Bad Hersfeld	30.643	73,8	55,48	42,33	-37,48	39,84	-37,48	56,01	53,26	42,15	-37,43	40,06	-37,43	54,40	131	130	339	132	339	153	102	139	341	140	341	114
Bad Homburg vor der Höhe	52.137	51,1	54,07	35,05	37,16	33,79	37,16	54,62	51,65	32,44	33,75	31,35	33,75	52,46	311	207	87	208	87	301	139	251	99	253	99	153
Bad Karlshafen	4.180	14,9	53,80	26,63	-63,39	25,81	-63,39	54,13	51,91	28,73	-63,05	27,93	-63,05	52,29	342	265	425	267	425	347	126	284	428	286	428	158
Bad König	9.511	46,7	54,27	35,65	40,97	34,35	40,94	55,46	44,83	31,92	40,88	30,96	40,85	49,00	285	199	69	204	69	209	338	255	69	260	69	246
Bad Nauheim	30.249	32,6	53,81	47,42	2,43	43,69	2,43	54,98	53,03	50,09	2,11	46,11	2,11	54,62	339	71	173	68	173	260	105	41	175	40	175	111
Bad Orb	10.095	47,8	53,41	14,66	41,78	14,62	41,77	54,33	39,60	9,93	24,29	9,67	24,29	43,50	382	320	62	320	62	334	409	368	128	368	128	384
Bad Salzschlirf	3.220	13,1	53,66	43,21	-25,42	41,15	-25,42	54,47	37,62	40,15	-25,63	38,13	-25,63	42,74	355	120	283	114	283	316	420	167	284	169	284	393
Bad Schwalbach	11.068	40,3	55,24	-999	33,94	-999	33,94	55,46	48,72	-999	36,14	-999	36,14	50,38	169	400	100	400	100	208	219	409,5	88	409,5	88	207
Bad Soden am Taunus	21.200	12,5	54,17	36,10	30,37	35,06	30,37	54,49	56,92	39,50	30,71	38,51	30,71	57,22	296	195	117	191	117	313	46	172	111	164	111	64
Bad Soden-Salmünster	13.918	58,6	55,07	45,26	-10,14	41,49	-10,14	55,86	48,27	46,89	-7,18	43,47	-7,18	49,67	184	99	215	106	215	168	229	76	202	79	202	222
Bad Sooden-Allendorf	9.231	73,8	54,58	51,52	-55,73	45,83	-55,73	56,01	44,67	47,56	-55,54	44,01	-55,54	48,49	244	20	416	23	416	152	341	72	417	73	417	263
Bad Vilbel	30.736	25,7	53,60	50,24	41,51	45,52	41,62	55,50	54,45	54,23	42,35	48,70	42,60	57,89	366	29	64	28	63	204	79	8	58	8	57	57
Bad Wildungen	18.113	120,1	52,63	18,94	-38,68	18,68	-38,68	52,69	44,51	25,78	-37,87	25,13	-37,87	44,71	415	297	343	300	343	417	346	309	342	311	342	365
Bad Zwesten	4.234	39,5	54,34	20,31	-36,80	20,31	-36,80	54,34	46,40	29,49	-36,60	29,43	-36,60	46,51	273	293	337	293	337	332	289	278	337	277	337	318
Battenberg (Eder)	5.725	64,7	53,71	16,19	-31,53	16,14	-31,53	53,75	36,84	20,41	-32,00	20,22	-32,00	37,00	352	313	310	312	310	376	425	333	314	334	314	425
Baunatal	28.090	38,3	55,69	34,40	-47,78	33,27	-47,78	55,97	56,56	36,93	-47,67	35,07	-47,67	57,38	111	214	380	213	380	156	51	198	382	206	382	62
Bebra	14.883	93,8	54,22	53,64	-43,04	48,07	-43,04	57,33	43,23	50,21	-43,29	46,14	-43,29	49,46	292	11	359	7	359	66	368	38	362	36	362	228
Beerfelden	6.919	71,2	53,97	16,36	7,60	16,13	7,60	54,07	42,19	24,03	8,11	23,72	8,11	42,89	322	312	157	313	157	353	388	317	157	318	157	389
Bensheim	39.371	57,8	56,97	49,37	34,87	44,43	34,87	58,02	52,72	46,83	35,07	43,44	35,08	54,21	32	40	96	51	96	40	109	77	93	80	93	118
Berkatal	1.805	19,6	53,23	20,04	-53,98	20,04	-53,98	53,32	46,45	32,86	-53,81	32,65	-53,81	46,88	396	295	411	294	411	405	288	243	412	236	412	308
Beselich	5.715	31,5	56,73	-9,71	-3,78	-9,71	-3,78	56,73	52,56	8,23	-3,96	8,23	-3,96	52,57	44	362	190	362	190	91	113	372	192	372	192	150
Biblis	8.847	40,4	52,04	47,04	34,31	42,66	34,31	54,02	45,74	43,02	34,07	40,70	34,07	48,94	423	81	99	91	99	357	309	129	98	129	98	249
Bickenbach	5.327	9,3	56,88	54,76	43,85	48,19	43,79	58,19	61,23	56,48	46,14	50,63	46,74	62,89	38	4	47	6	49	35	15	4	34	4	36	21
Biebergemünd	8.409	78,5	53,75	42,48	35,51	39,50	35,87	54,93	38,82	39,22	30,19	37,23	30,38	44,31	346	126	90	139	89	267	414	175	112	180	112	372
Biebertal	10.397	43,9	54,74	-999	-13,07	-999	-13,07	54,74	46,28	26,77	-13,52	26,77	-13,52	46,28	224	400	228	400	228	291	295	301	229	298	229	326
Biebesheim am Rhein	6.596	18,7	52,98	50,77	43,58	45,54	43,58	55,24	44,87	46,55	41,63	43,35	41,67	49,99	404	26	50	27	52	242	335	82	63	82	64	216
Biedenkopf	13.788	90,3	53,37	35,96	-27,08	35,37	-27,08	53,65	40,30	29,61	-27,36	29,01	-27,36	41,03	385	197	290	187	290	381	402	277	291	279	291	411
Birkenau	10.438	24,6	56,10	37,27	20,07	35,68	20,07	56,45	51,90	35,74	19,25	34,67	19,25	52,34	82	179	140	184	140	111	127	208	139	210	139	156
Birstein	6.559	86,6	53,50	-999	-9,88	-999	-9,88	53,50	42,87	-999	-10,60	-999	-10,60	42,87	376	400	212	400	212	399	373	409,5	219	409,5	219	390
Bischoffen	3.493	35,3	52,96	-999	-16,81	-999	-16,81	52,96	43,10	-999	-17,12	-999	-17,12	43,10	406	400	242	400	242	414	370	409,5	246	409,5	246	386

			Mittelwert												Priorität											
			FAS						RAS						FAS						RAS					
Gemeinde	Einw.	km²	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES
Bischofsheim	12.048	9,0	59,78	53,69	55,41	47,51	60,07	63,96	67,43	59,53	52,59	52,86	56,11	69,62	1	10	7	12	7	5	1	1	15	1	15	2
Borken (Hessen)	13.621	82,4	53,61	38,93	-38,19	36,39	-38,19	54,48	50,22	40,44	-38,11	37,91	-38,11	52,08	365	167	341	176	341	315	168	163	344	172	344	165
Brachttal	5.394	30,9	54,66	16,95	4,96	16,91	4,96	54,66	45,57	34,95	6,40	34,73	6,40	45,97	236	309	162	309	162	299	314	220	159	209	159	327
Braunfels	11.415	47,3	53,60	21,40	-6,00	21,36	-6,00	53,63	47,86	31,49	-5,57	30,74	-5,57	48,10	367	285	198	285	198	385	243	261	197	263	197	275
Brechen	6.733	24,9	56,79	45,62	3,09	42,87	3,09	57,19	55,47	47,90	4,07	44,49	4,07	56,23	41	96	170	87	170	74	66	70	167	69	167	84
Breidenbach	6.925	44,9	54,66	2,50	-25,57	2,50	-25,57	54,66	43,44	15,35	-25,48	15,35	-25,48	43,60	235	348	284	348	284	300	365	348	283	348	283	381
Breitenbach am Herzberg	1.964	42,5	54,37	24,16	-30,86	23,93	-30,86	54,54	48,84	23,64	-30,71	23,29	-30,71	49,25	268	276	306	275	306	307	213	319	307	321	307	236
Breitscheid	5.048	31,7	54,31	6,48	-17,44	6,48	-17,44	54,31	48,09	17,47	-17,61	17,47	-17,61	48,11	278	338	246	338	246	335	238	345	249	343	249	273
Brensbach	5.433	23,2	55,07	-21,35	43,56	-21,35	43,56	56,03	49,55	-11,87	43,39	-11,87	43,39	51,98	183	367	51	367	53	150	191	385	48	385	49	166
Breuberg	7.450	30,8	54,26	8,49	41,27	8,49	41,27	54,98	42,47	19,55	41,06	19,55	41,03	47,26	287	333	67	333	67	261	383	337	66	337	67	294
Breuna	3.893	40,5	56,74	15,44	-53,02	15,44	-53,02	56,74	52,77	27,38	-53,19	27,38	-53,19	52,80	43	318	404	318	404	89	108	294	408	290	408	146
Brombachtal	3.669	20,4	53,85	12,20	37,85	12,20	37,85	54,30	48,25	26,07	38,10	25,96	38,10	49,66	334	326	85	326	85	336	230	308	84	304	84	223
Bromskirchen	1.942	35,3	51,77	-999	-35,32	-999	-35,32	51,77	35,88	-999	-34,95	-999	-34,95	35,88	425	400	330	400	330	425	426	409,5	331	409,5	331	428
Bruchköbel	20.830	29,7	53,44	47,30	30,58	43,12	30,58	54,43	54,36	47,59	32,09	44,11	32,09	55,64	381	74	115	82	115	322	82	71	109	72	109	92
Büdingen	21.574	122,9	53,66	31,57	9,44	30,98	9,44	53,89	43,50	31,61	9,84	30,94	9,84	44,13	357	240	154	237	154	367	363	260	154	261	154	374
Burghaun	6.679	65,1	54,52	46,42	-32,06	43,02	-32,06	55,76	51,88	49,53	-32,05	45,79	-32,05	54,89	249	86	313	84	313	178	128	46	317	42	317	100
Burgwald	5.170	41,3	54,99	30,45	-32,09	29,48	-32,09	55,42	47,35	36,94	-32,02	35,55	-32,02	48,97	191	247	315	248	315	218	256	197	316	198	316	247
Bürstadt	15.323	34,5	54,71	54,09	37,43	47,97	37,43	56,68	51,74	51,91	38,96	47,26	38,95	55,22	227	8	86	8	86	94	135	24	82	22	82	97
Buseck	13.239	38,7	54,79	37,35	-12,79	35,60	-12,79	55,31	56,33	36,70	-13,13	35,55	-13,13	56,58	219	177	226	185	226	233	54	199	227	199	227	75
Büttelborn	13.311	30,0	56,02	48,58	58,55	44,79	63,84	65,48	56,74	50,54	59,20	46,14	64,52	67,05	89	54	2	41	2	3	47	34	2	37	2	6
Butzbach	25.206	106,6	54,71	43,15	-0,81	39,56	-0,81	55,57	48,75	41,00	-0,13	38,21	-0,13	49,71	228	121	182	137	182	197	217	153	179	168	179	221
Calden	7.853	54,8	54,80	27,70	-53,56	27,35	-53,56	54,92	49,71	35,41	-53,51	34,57	-53,51	50,30	218	262	407	260	407	270	182	211	411	211	411	211
Cölbe	7.064	26,6	54,70	44,23	-25,21	40,38	-25,21	55,50	52,00	44,85	-25,93	41,97	-25,93	52,71	229	109	282	125	282	202	124	110	286	112	286	148
Cornberg	1.672	23,3	55,42	48,27	-46,35	44,43	-46,35	56,46	44,40	46,16	-46,17	43,34	-46,17	47,28	142	57	374	50	374	110	350	95	374	83	374	292
Darmstadt	139.346	122,2	55,51	49,81	46,04	45,40	47,51	58,87	55,00	50,42	47,91	46,11	49,85	60,60	128	35	33	30	32	26	70	37	24	38	23	34
Dautphetal	12.072	72,0	54,60	26,89	-23,69	26,34	-23,69	54,73	44,94	28,27	-23,64	27,64	-23,64	45,33	242	263	274	264	274	293	331	290	274	288	274	348
Dieburg	15.264	23,1	54,99	48,69	42,99	44,40	42,94	56,31	54,31	53,80	43,11	48,59	43,31	58,30	190	50	54	53	55	123	84	11	51	10	52	49
Diemelsee	5.494	121,8	53,44	8,53	-47,21	8,53	-47,21	53,45	43,43	18,45	-47,00	18,31	-47,00	43,60	380	332	379	332	379	402	366	340	381	339	381	380
Diemelstadt	5.700	82,6	54,14	28,00	-53,58	27,60	-53,58	54,23	48,86	29,92	-53,23	29,64	-53,23	49,02	300	255	408	257	408	343	212	275	409	275	409	245
Dietzenbach	33.085	21,7	54,20	40,89	44,46	39,34	44,46	55,39	53,38	42,12	42,30	40,77	42,38	54,85	295	147	44	142	45	223	99	141	60	127	58	101
Dietzhölztal	6.362	37,5	53,58	-999	-24,18	-999	-24,18	53,58	38,35	-999	-24,77	-999	-24,77	38,35	369	400	275	400	275	390	415	409,5	280	409,5	280	422
Dillenburg	24.616	83,8	56,15	34,48	-19,78	32,16	-19,78	56,52	47,14	37,87	-19,84	36,39	-19,84	47,71	75	212	255	227	255	107	264	190	256	193	256	285
Dipperz	3.428	30,1	52,54	-1,84	-30,53	-1,84	-30,53	52,54	49,61	10,07	-30,55	10,07	-30,55	49,61	418	353	303	353	303	422	186	367	306	367	306	224
Dornburg	8.673	33,2	55,65	32,71	-12,78	32,37	-12,78	55,85	49,52	36,32	-12,26	35,28	-12,26	50,17	113	230	225	225	225	171	192	204	225	202	225	215
Dreieich	40.384	53,3	55,25	45,05	41,56	42,63	41,54	56,38	55,37	40,69	43,11	38,43	43,21	57,15	167	104	63	92	64	120	67	159	50	166	53	65
Driedorf	5.233	47,5	54,68	-999	-15,49	-999	-15,49	54,68	49,11	-999	-15,56	-999	-15,56	49,11	231	400	235	400	235	297	205	409,5	237	409,5	237	241
Ebersburg	4.580	37,1	53,30	27,80	-28,49	27,02	-28,49	53,58	50,87	30,42	-28,47	29,88	-28,47	51,24	392	258	296	261	296	389	159	272	297	272	297	185
Ebsdorfergrund	9.037	72,8	53,96	22,41	-19,46	22,41	-19,46	53,96	45,66	28,79	-19,16	28,79	-19,16	45,69	324	283	252	283	252	362	312	283	252	281	252	336
Echzell	5.944	37,6	53,27	41,33	-0,29	40,45	-0,29	53,92	52,62	38,74	-0,72	37,48	-0,72	53,26	394	142	178	123	178	364	111	182	182	176	182	136
Edermünde	7.355	25,8	55,38	26,45	-46,37	25,00	-46,37	55,81	53,40	32,99	-46,30	31,08	-46,30	54,36	148	266	375	272	375	174	98	241	376	258	376	116
Edertal	6.960	115,7	53,99	17,81	-40,64	17,81	-40,64	53,99	39,57	21,79	-40,54	21,79	-40,54	39,57	321	304	349	304	349	360	410	330	352	330	352	417
Egelsbach	9.718	14,8	52,87	48,47	43,72	44,20	43,76	55,10	54,10	49,13	44,37	45,51	44,43	56,71	409	55	49	59	50	250	89	53	43	46	44	71
Ehrenberg (Rhön)	2.750	40,9	53,92	-999	-35,07	-999	-35,07	53,92	46,81	-999	-34,90	-999	-34,90	46,81	328	400	328	400	328	365	276	409,5	329	409,5	329	310
Ehringshausen	9.436	45,4	56,38	47,08	-12,15	42,46	-12,15	57,19	50,66	46,35	-12,59	43,01	-12,59	52,27	57	77	224	94	224	75	163	86	226	95	226	161
Eichenzell	10.912	56,0	57,10	43,61	-26,00	40,78	-26,00	57,94	57,09	42,31	-26,21	39,99	-26,21	58,26	27	117	286	116	286	44	44	137	288	142	288	50
Einhausen	5.968	26,7	57,31	26,73	44,71	26,73	44,52	57,79	54,95	32,91	45,17	32,18	45,12	56,70	20	264	42	263	43	52	71	242	39	243	40	72
Eiterfeld	7.606	89,9	55,05	18,87	-36,28	18,87	-36,28	55,05	47,34	38,27	-36,35	37,23	-36,35	48,07	187	298	333	297	333	255	257	186	335	179	335	276
Elbtal	2.547	11,1	57,10	23,69	-6,98	23,68	-6,98	57,12	54,91	32,42	-7,96	32,09	-7,96	55,10	28	278	201	277	201	77	72	252	208	247	208	99

			Mittelwert												Priorität											
			FAS						RAS						FAS						RAS					
Gemeinde	**Einw.**	**km²**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**
Eltville am Rhein	16.781	46,8	56,09	49,73	39,86	44,57	39,86	57,82	46,19	48,74	40,35	44,90	40,33	51,30	85	37	77	46	77	49	297	61	75	62	76	182
Elz	7.955	16,9	58,20	48,09	2,72	44,14	2,72	58,71	59,74	52,10	2,20	47,03	2,20	60,46	9	59	172	60	172	28	27	22	174	27	174	35
Eppertshausen	5.776	13,1	56,09	43,00	31,52	41,60	31,52	56,44	52,20	40,89	33,63	40,19	33,63	53,05	84	124	110	104	110	112	119	156	100	137	100	139
Eppstein	13.450	24,2	54,93	40,18	45,66	37,99	46,39	56,67	53,58	45,30	46,23	42,06	47,15	56,73	201	154	35	157	35	95	96	105	32	111	33	70
Erbach	13.611	61,5	54,66	32,47	21,77	32,03	21,77	54,87	45,08	26,98	18,32	26,59	18,32	45,66	237	232	135	230	135	278	325	300	142	300	142	337
Erlensee	12.595	18,6	55,16	33,05	42,51	32,82	42,60	55,66	59,81	38,44	42,97	36,47	43,67	60,07	175	227	56	220	56	190	26	184	52	191	46	38
Erzhausen	7.085	7,4	53,78	48,86	51,34	44,35	54,47	58,56	58,75	48,77	52,19	45,20	55,57	62,31	345	48	15	55	13	29	31	59	16	54	16	23
Eschborn	20.277	12,1	55,80	48,87	31,74	45,03	31,74	56,67	60,95	53,42	33,23	47,78	33,23	61,90	103	47	108	38	108	96	16	14	103	17	104	26
Eschenburg	10.803	45,8	54,26	-999	-22,50	-999	-22,50	54,26	48,06	-999	-22,59	-999	-22,59	48,06	286	400	268	400	268	341	239	409,5	271	409,5	271	277
Eschwege	21.295	63,2	54,36	40,11	-54,10	37,59	-54,10	54,79	47,10	50,75	-53,88	46,55	-53,88	48,77	269	155	412	162	412	287	267	31	413	31	413	254
Espenau	4.940	13,6	54,84	49,50	-53,88	44,74	-53,88	55,96	53,98	50,54	-54,00	46,40	-54,00	56,03	213	39	410	43	410	157	90	35	414	33	414	87
Feldatal	2.886	55,6	55,72	12,69	-19,11	12,69	-19,11	55,72	45,51	22,05	-19,11	22,05	-19,11	45,52	108	325	250	325	250	182	315	328	251	328	251	341
Felsberg	11.270	83,3	55,84	43,54	-43,56	40,25	-43,56	56,59	54,82	44,37	-43,69	41,71	-43,69	56,34	99	118	362	128	362	103	73	117	365	119	365	82
Fernwald	6.663	21,5	56,43	20,68	-10,02	20,68	-10,02	56,44	58,07	28,60	-10,09	28,60	-10,09	58,09	54	292	214	292	214	113	36	288	214	282	214	55
Fischbachtal	2.644	13,3	54,29	-17,80	43,82	-17,80	43,69	55,40	48,77	-9,18	42,82	-9,18	42,74	50,97	282	366	48	366	51	220	215	383	53	383	56	194
Flieden	8.840	49,7	55,19	45,49	-20,16	41,65	-20,16	55,92	50,15	50,11	-20,00	46,11	-20,00	52,21	171	97	258	103	258	163	172	40	259	39	259	163
Flörsbachtal	2.580	52,1	53,35	-999	-6,20	-999	-6,20	53,35	37,89	-999	-7,46	-999	-7,46	37,89	386	400	200	400	200	403	419	409,5	203	409,5	203	423
Flörsheim am Main	19.832	23,0	58,33	46,01	58,10	42,94	63,36	65,58	60,47	49,23	57,88	45,29	62,96	66,74	6	91	3	86	3	2	22	50	5	52	4	7
Florstadt	8.835	39,5	56,28	13,86	4,70	13,86	4,70	56,29	53,82	23,45	4,69	23,45	4,69	53,85	62	322	163	322	163	127	92	321	164	320	164	123
Frankenau	3.603	57,3	52,73	-999	-36,50	-999	-36,50	52,73	37,29	-999	-36,76	-999	-36,76	37,29	411	400	334	400	334	416	422	409,5	340	409,5	340	424
Frankenberg (Eder)	19.319	124,8	54,11	26,01	-34,48	25,58	-34,48	54,26	45,79	26,55	-34,91	25,86	-34,91	45,95	305	269	326	269	326	340	305	304	330	306	330	328
Frankfurt am Main	645.415	248,4	58,01	48,98	43,49	44,84	44,14	59,48	62,93	52,06	47,79	47,35	49,37	65,82	11	45	52	40	46	18	6	23	27	20	26	10
Fränkisch-Crumbach	3.352	16,2	52,76	-999	39,85	-999	39,85	53,75	40,68	-24,09	39,39	-24,09	39,39	45,36	410	400	78	400	78	374	399	388	81	388	81	346
Freiensteinau	3.463	65,6	55,44	-999	-16,82	-999	-16,82	55,44	46,86	-999	-16,89	-999	-16,89	46,86	137	400	243	400	243	213	275	409,5	244	409,5	244	309
Freigericht	14.907	33,4	54,95	15,32	39,63	15,32	39,61	55,32	47,46	25,09	38,18	25,03	38,19	49,06	199	319	79	319	79	232	252	312	83	312	83	243
Friedberg (Hessen)	27.440	50,2	56,29	46,99	5,72	43,33	5,72	57,39	54,26	46,05	6,19	42,49	6,19	56,43	61	82	161	76	161	64	87	98	160	105	160	79
Friedewald	2.444	39,6	56,60	-999	-40,75	-999	-40,75	56,60	50,91	24,90	-40,93	24,89	-40,93	50,94	49	400	350	400	350	102	155	315	354	313	354	195
Friedrichsdorf	24.511	30,1	55,85	43,37	35,69	41,52	35,69	56,43	55,75	44,51	35,66	41,85	35,66	56,76	97	119	89	105	90	116	61	115	92	116	92	69
Frielendorf	8.195	85,9	55,42	-999	-35,23	-999	-35,23	55,42	47,01	26,77	-35,07	26,77	-35,07	47,02	140	400	329	400	329	217	273	302	332	299	332	305
Fritzlar	14.808	88,7	54,78	27,93	-41,85	27,72	-41,85	54,90	50,09	30,77	-41,81	30,25	-41,81	50,32	220	256	353	256	353	273	175	268	355	267	355	210
Fronhausen	4.122	27,9	53,90	44,45	-17,08	41,32	-17,08	55,01	51,49	46,39	-17,11	43,33	-17,11	53,47	330	108	244	110	244	258	143	85	245	84	245	131
Fulda	63.544	104,1	56,32	47,06	-26,78	43,20	-26,78	57,26	54,10	48,07	-26,74	44,35	-26,74	55,68	60	80	288	81	288	69	88	68	289	70	289	90
Fuldabrück	8.977	17,9	57,33	41,76	-48,63	39,61	-48,63	57,62	61,81	50,52	-48,45	46,42	-48,45	63,11	19	137	383	136	383	57	11	36	385	32	385	20
Fuldatal	12.191	33,7	55,19	47,74	-53,63	43,72	-53,63	56,44	52,02	49,03	-54,12	45,26	-54,12	54,37	172	67	409	66	409	114	123	54	415	53	415	115
Fürth	11.052	38,4	55,71	30,65	20,26	29,81	20,26	55,92	48,52	27,02	20,83	26,55	20,83	48,87	109	245	139	245	139	162	227	299	136	301	136	252
Gedern	7.856	75,3	52,59	-999	-5,79	-999	-5,79	52,59	44,11	-999	-6,47	-999	-6,47	44,11	416	400	196	400	196	420	356	409,5	200	409,5	200	375
Geisenheim	11.886	40,3	54,30	46,44	26,87	43,00	26,87	55,45	40,94	46,33	28,44	43,05	28,44	44,71	279	85	124	85	124	211	398	88	118	93	118	366
Gelnhausen	21.786	45,1	56,12	51,87	45,11	46,65	45,85	58,05	52,70	52,74	42,62	48,06	43,40	56,57	80	19	39	18	36	39	110	15	56	15	48	76
Gemünden (Felda)	3.258	55,0	56,91	43,14	-19,84	39,95	-19,84	57,52	52,12	42,11	-19,96	39,82	-19,96	52,90	35	122	256	130	256	62	121	142	258	145	258	144
Gemünden (Wohra)	4.141	58,7	52,54	-999	-31,61	-999	-31,61	52,54	42,39	-999	-31,71	-999	-31,71	42,39	417	400	311	400	311	421	385	409,5	311	409,5	311	398
Gernsheim	9.499	40,1	53,72	52,63	44,57	46,66	44,72	56,56	56,03	43,48	46,77	40,74	47,83	58,39	351	15	43	17	41	106	56	127	30	128	31	46
Gersfeld (Rhön)	6.330	89,4	53,35	27,76	-31,06	26,93	-31,06	53,56	44,46	24,68	-31,03	24,03	-31,03	44,86	388	259	307	262	307	394	348	316	309	316	309	360
Gießen	73.736	72,6	56,20	47,94	-10,52	44,11	-10,52	57,05	60,12	48,65	-10,35	44,92	-10,35	60,92	70	63	218	61	218	79	23	64	216	61	216	31
Gilserberg	3.540	61,5	56,17	-999	-31,25	-999	-31,25	56,17	48,13	28,81	-31,27	28,81	-31,27	48,15	72	400	308	400	308	138	236	282	310	280	310	272
Ginsheim-Gustavsburg	16.177	13,9	58,30	46,01	48,47	43,06	50,16	59,69	60,00	51,58	47,62	47,04	49,38	61,39	7	92	25	83	25	16	24	27	29	26	25	29
Gladenbach	12.541	72,3	56,00	-999	-19,85	-999	-19,85	56,00	48,55	10,75	-20,34	10,75	-20,34	48,55	91	400	257	400	257	154	226	364	261	364	261	260
Glashütten	5.395	27,1	53,49	-999	45,21	-999	45,26	54,79	49,55	14,74	43,45	14,74	43,53	51,90	377	400	38	400	39	288	189	355	46	355	47	169
Glauburg	3.184	12,7	53,80	47,86	4,48	44,61	4,48	55,13	47,02	46,42	4,34	43,48	4,34	49,42	341	64	164	44	164	249	272	83	166	78	166	233

			Mittelwert												Priorität											
			FAS						RAS						FAS						RAS					
Gemeinde	**Einw.**	**km²**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**
Gorxheimertal	4.156	10,4	55,77	3,78	17,74	3,78	17,74	55,78	46,98	15,32	17,10	15,32	17,10	47,04	104	345	144	345	144	176	274	349	146	349	146	302
Grasellenbach	3.910	22,9	53,58	-6,58	16,33	-6,58	16,33	53,60	44,74	10,60	16,55	10,60	16,55	44,83	370	360	147	360	147	388	340	365	148	365	148	362
Grävenwiesbach	5.241	43,2	56,11	33,95	3,08	32,62	3,08	56,57	47,09	36,04	2,89	34,75	2,89	48,53	81	220	171	224	171	104	268	207	171	208	171	262
Grebenau	2.951	55,4	54,47	-4,78	-28,25	-4,78	-28,25	54,47	41,98	3,28	-27,84	3,28	-27,84	41,98	252	359	294	359	294	317	390	374	293	374	293	405
Grebenhain	5.256	91,6	55,75	-999	-17,10	-999	-17,10	55,75	46,69	-999	-17,35	-999	-17,35	46,69	106	400	245	400	245	179	279	409,5	247	409,5	247	313
Grebenstein	6.216	49,9	54,44	42,34	-55,61	39,52	-55,61	55,38	49,18	46,04	-55,52	42,75	-55,52	51,11	255	129	414	138	414	226	202	99	416	97	416	186
Greifenstein	7.409	67,4	53,54	20,79	-11,66	20,71	-11,66	53,56	44,61	30,98	-11,67	30,63	-11,67	45,12	373	290	222	291	222	393	343	267	222	264	222	353
Griesheim	25.154	21,4	56,28	34,41	51,77	34,05	54,94	60,03	57,03	33,68	53,46	33,34	57,12	64,18	63	213	11	205	11	13	45	235	12	229	12	16
Großalmerode	7.730	37,7	55,06	-8,46	-52,38	-8,46	-52,38	55,06	48,25	2,75	-52,40	2,75	-52,40	48,25	185	361	401	361	401	253	231	375	403	375	403	268
Groß-Bieberau	4.566	18,3	55,61	15,67	42,24	15,65	42,24	56,21	48,94	9,20	43,43	9,18	43,35	51,24	117	317	57	317	57	133	211	369	47	369	51	184
Großenlüder	8.745	74,0	54,12	39,46	-24,94	37,90	-24,94	54,80	46,13	34,99	-24,70	33,85	-24,70	47,03	302	162	280	158	280	286	299	217	279	220	279	304
Groß-Gerau	23.622	54,5	55,71	48,98	50,34	44,24	52,83	59,00	51,87	51,90	53,26	47,34	56,44	60,70	110	44	16	57	16	24	129	25	13	21	13	32
Großkrotzenburg	7.172	7,4	54,74	52,93	42,10	47,00	42,10	56,50	55,29	55,03	41,74	48,96	41,74	57,86	223	13	58	15	59	108	68	7	62	7	63	58
Groß-Rohrheim	3.767	19,5	54,40	56,15	40,49	49,28	40,49	57,01	47,32	49,75	41,00	45,68	41,10	51,91	262	1	72	2	72	81	259	43	67	44	66	168
Groß-Umstadt	21.674	86,8	54,35	36,88	39,88	35,96	39,96	55,34	48,19	38,12	39,86	36,77	39,93	51,31	271	183	76	181	76	231	234	189	78	187	78	181
Groß-Zimmern	13.892	21,3	55,27	22,24	49,98	22,24	52,41	58,06	51,56	30,14	51,06	30,14	54,00	57,70	161	284	21	284	20	37	141	274	19	268	18	59
Grünberg	14.287	89,3	54,96	31,80	-13,85	30,75	-13,85	55,27	51,21	37,69	-14,22	36,42	-14,22	51,84	195	237	229	239	229	238	146	194	232	192	232	172
Gründau	14.715	67,6	55,46	38,01	31,42	36,98	31,42	55,74	43,79	35,54	25,77	34,29	25,77	45,57	136	171	112	170	112	181	359	210	123	213	123	339
Gudensberg	9.007	46,5	56,16	29,64	-44,24	29,64	-44,24	56,16	54,70	27,04	-44,44	26,96	-44,44	54,73	74	249	366	246	366	139	75	298	368	294	368	104
Gutsbezirk Kaufunger Wald	-	50,3	-999	-999	-999	-999	-999	-999	30,74	18,05	-53,04	17,98	-53,04	30,79	428,5	400	428,5	400	428,5	428,5	429	342	407	342	407	430
Gutsbezirk Reinhardswald	-	182,5	-999	-999	-999	-999	-999	-999	38,20	28,92	-59,55	28,22	-59,55	39,00	428,5	400	428,5	400	428,5	428,5	418	280	426	284	426	419
Gutsbezirk Spessart	-	89,3	-999	-999	-999	-999	-999	-999	37,02	36,52	-13,14	35,76	-13,14	38,73	428,5	400	428,5	400	428,5	428,5	423	201	228	195	228	420
Guxhagen	5.428	26,2	57,06	51,09	-46,69	45,88	-46,69	57,83	52,52	53,67	-46,88	48,43	-46,88	56,42	29	23	377	22	377	48	114	13	380	12	380	80
Habichtswald	5.326	28,2	54,97	1,84	-50,04	1,84	-50,04	54,97	51,78	10,54	-50,00	10,54	-50,00	51,80	193	351	389	351	389	262	131	366	391	366	391	174
Hadamar	12.291	41,0	55,66	35,50	-2,84	34,78	-2,84	55,94	51,84	34,10	-3,24	33,33	-3,24	52,32	112	201	188	196	188	159	130	230	189	230	189	157
Haiger	20.094	106,8	56,15	41,66	-20,94	38,83	-20,94	56,89	47,25	42,06	-21,82	39,76	-21,82	50,29	77	139	261	149	261	82	263	143	265	146	265	213
Haina (Kloster)	3.710	91,2	54,42	-999	-34,40	-999	-34,40	54,42	42,37	-999	-34,36	-999	-34,36	42,37	260	400	325	400	325	325	386	409,5	326	409,5	326	399
Hainburg	15.124	16,0	54,87	41,08	44,17	40,48	44,10	55,93	53,75	42,13	44,86	40,54	44,78	55,49	208	144	45	122	47	161	93	140	41	131	43	96
Hammersbach	4.840	20,2	55,90	18,86	18,98	18,86	18,98	55,90	53,26	26,18	19,96	26,18	19,96	53,30	96	299	141	298	141	164	101	305	137	303	137	135
Hanau	88.920	76,5	56,77	50,00	47,45	45,33	49,06	59,02	60,57	51,39	45,88	46,92	47,28	62,17	42	32	29	33	27	23	19	29	37	28	32	24
Hasselroth	7.441	19,0	54,73	46,14	51,50	42,85	54,68	59,33	51,19	52,69	50,42	48,12	53,02	58,31	226	89	12	89	12	20	148	16	20	14	20	48
Hattersheim am Main	25.127	15,8	58,16	48,60	50,30	44,36	52,67	61,46	61,46	53,87	51,07	47,70	53,57	64,29	10	53	17	54	17	9	12	9	18	18	19	15
Hatzfeld (Eder)	3.391	58,5	53,70	-2,15	-30,75	-2,15	-30,75	53,70	40,14	8,55	-30,43	8,55	-30,43	40,15	353	355	305	355	305	380	405	371	305	371	305	416
Hauneck	3.382	17,8	55,43	54,74	-36,75	49,09	-36,75	57,80	49,35	56,92	-36,59	50,91	-36,59	54,72	139	5	336	3	336	51	199	3	336	3	336	105
Haunetal	3.227	54,9	56,15	48,43	-33,76	44,78	-33,76	57,73	51,16	52,21	-33,50	48,15	-33,50	54,71	76	56	322	42	322	53	149	20	323	13	323	108
Heidenrod	8.053	96,0	54,08	-999	34,49	-999	34,49	54,41	45,74	-999	34,95	-999	34,95	47,73	310	400	97	400	97	326	308	409,5	94	409,5	94	284
Helsa	5.895	25,8	54,06	20,09	-51,05	19,95	-51,05	54,09	46,39	25,08	-50,89	24,76	-50,89	46,54	312	294	395	295	395	352	291	313	395	314	395	316
Heppenheim (Bergstraße)	25.389	52,0	56,39	44,56	28,46	40,50	28,46	57,28	52,21	44,03	27,77	41,13	27,77	53,56	56	107	119	121	119	67	117	120	122	124	122	128
Herborn	21.237	63,8	56,61	39,27	-16,15	36,65	-16,15	56,89	53,08	41,13	-16,08	39,18	-16,08	53,76	47	165	236	172	236	83	103	152	239	153	239	125
Herbstein	5.176	79,9	54,57	-999	-20,22	-999	-20,22	54,57	44,91	-999	-20,29	-999	-20,29	44,91	245	400	259	400	259	302	333	409,5	260	409,5	260	359
Heringen (Werra)	8.032	61,2	54,44	17,37	-43,80	17,19	-43,80	54,48	43,61	18,48	-43,40	18,22	-43,40	43,96	256	307	363	307	363	314	361	339	363	340	363	378
Herleshausen	3.146	59,8	56,27	40,37	-50,58	37,01	-50,58	56,76	47,44	41,98	-50,59	39,67	-50,59	48,42	64	153	391	169	391	87	253	144	393	148	393	264
Hesseneck	702	30,0	52,37	36,26	-2,56	34,40	-2,56	53,56	34,32	28,68	-0,37	27,88	-0,37	36,80	420	191	187	202	187	391	428	286	180	287	180	427
Hessisch Lichtenau	13.356	105,7	54,80	22,98	-49,64	22,84	-49,64	54,83	46,40	17,48	-49,79	17,37	-49,79	46,42	216	280	387	280	387	282	290	343	390	346	390	322
Heuchelheim	7.574	10,6	54,25	37,71	-10,42	37,37	-10,42	54,51	51,92	42,91	-10,52	40,53	-10,52	52,34	290	175	217	166	217	310	125	131	218	133	218	155
Heusenstamm	18.870	19,0	56,02	40,89	50,15	39,44	52,62	58,37	54,30	43,93	47,63	41,81	49,00	56,84	90	146	18	140	18	32	86	122	28	118	29	67
Hilders	4.935	70,3	54,01	-999	-35,71	-999	-35,71	54,01	45,32	-999	-35,52	-999	-35,52	45,32	317	400	332	400	332	359	322	409,5	334	409,5	334	349
Hirschhorn (Neckar)	3.690	30,8	56,09	47,97	4,14	43,64	4,14	56,89	44,22	35,06	4,58	33,47	4,58	45,64	83	62	165	69	165	85	355	215	165	226	165	338

			Mittelwert												Priorität											
			FAS						RAS						FAS						RAS					
Gemeinde	**Einw.**	**km²**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**
Hirzenhain	3.064	16,1	53,61	-999	-3,93	-999	-3,93	53,61	47,70	-999	-4,59	-999	-4,59	47,70	364	400	191	400	191	387	248	409,5	194	409,5	194	286
Hochheim am Main	17.103	19,5	57,28	39,37	55,46	38,34	60,13	62,85	60,51	45,76	54,97	42,98	59,46	64,97	22	164	6	155	6	6	21	100	8	96	8	14
Höchst im Odenwald	9.986	30,5	56,34	33,85	46,31	32,63	46,49	57,55	52,17	36,51	46,12	35,20	46,26	54,74	59	222	32	223	34	61	120	202	36	204	37	103
Hofbieber	6.357	87,2	54,37	22,70	-32,68	22,70	-32,68	54,38	47,53	33,62	-32,97	33,62	-32,97	47,56	265	281	318	281	318	329	250	236	320	222	320	288
Hofgeismar	16.526	86,4	53,79	43,10	-57,56	40,29	-57,56	54,54	45,67	45,35	-57,91	42,62	-57,91	48,21	344	123	420	127	420	305	311	104	423	102	423	269
Hofheim am Taunus	37.845	57,4	56,67	39,85	43,23	38,47	43,96	57,62	54,43	43,78	43,96	41,88	44,85	56,41	45	159	53	153	48	56	80	125	44	115	42	81
Hohenahr	5.092	45,7	53,29	-999	-14,95	-999	-14,95	53,29	45,81	-999	-14,85	-999	-14,85	45,81	393	400	233	400	233	406	304	409,5	233	409,5	233	332
Hohenroda	3.419	35,7	54,29	-16,18	-39,79	-16,18	-39,79	54,29	47,04	0,09	-40,00	0,09	-40,00	47,04	280	364	348	364	348	338	270	376	350	376	350	303
Hohenstein	6.235	63,8	53,61	-999	22,27	-999	22,27	53,64	44,89	-999	22,74	-999	22,74	45,03	363	400	133	400	133	384	334	409,5	131	409,5	131	355
Homberg (Efze)	15.010	100,0	53,53	21,03	-38,72	21,03	-38,72	53,53	49,16	32,73	-38,34	32,60	-38,34	49,22	374	288	344	287	344	397	203	247	345	237	345	238
Homberg (Ohm)	7.902	88,1	54,33	2,67	-20,88	2,67	-20,88	54,33	47,40	14,66	-20,84	14,62	-20,84	47,43	274	347	260	347	260	333	255	356	262	356	262	289
Hosenfeld	4.748	50,7	52,66	-999	-21,32	-999	-21,32	52,66	42,25	-14,06	-21,41	-14,06	-21,41	42,25	412	400	263	400	263	419	387	387	264	387	264	400
Hünfeld	16.288	119,7	54,87	45,10	-32,20	41,74	-32,20	55,74	49,77	48,70	-32,01	45,04	-32,01	51,93	206	102	316	102	316	180	180	62	315	58	315	167
Hünfelden	10.304	62,7	55,48	21,16	14,02	21,12	14,02	55,52	51,67	30,58	14,18	29,87	14,18	51,74	130	286	150	286	150	201	138	271	150	273	150	177
Hungen	12.895	86,8	54,67	35,21	-5,84	34,46	-5,84	54,90	46,67	30,68	-6,04	29,93	-6,04	47,19	232	206	197	201	197	272	281	270	199	271	199	297
Hünstetten	10.078	50,6	53,64	26,36	22,50	26,14	22,50	53,70	50,19	32,60	21,82	32,02	21,82	50,30	359	267	132	265	132	378	169	250	134	248	134	212
Hüttenberg	10.407	40,7	55,36	30,62	-6,01	30,62	-6,01	55,38	51,08	34,18	-5,74	33,53	-5,74	51,09	149	246	199	240	199	225	152	227	198	224	198	188
Idstein	22.922	79,7	55,56	40,10	34,48	38,15	34,48	56,03	53,57	40,38	36,06	38,55	36,06	54,71	123	156	98	156	98	148	97	164	90	163	90	106
Immenhausen	7.310	28,5	52,41	36,21	-55,67	34,50	-55,67	53,00	47,94	39,07	-55,70	37,46	-55,70	49,43	419	192	415	200	415	412	241	178	419	178	419	232
Jesberg	2.665	49,8	53,63	20,77	-33,84	20,77	-33,84	53,65	42,81	32,61	-33,81	32,55	-33,81	43,55	361	291	323	290	323	382	376	249	324	239	324	383
Jossgrund	3.806	50,7	53,62	-999	-9,80	-999	-9,80	53,62	36,93	-999	-7,82	-999	-7,82	36,95	362	400	211	400	211	386	424	409,5	206	409,5	206	426
Kalbach	6.427	70,6	54,45	47,14	-23,54	43,56	-23,54	55,45	49,67	49,56	-23,88	45,51	-23,88	53,03	254	76	272	71	272	210	183	45	276	47	276	140
Karben	21.521	44,0	54,20	41,84	38,73	39,79	38,76	55,36	50,92	44,46	39,41	42,18	39,52	53,47	294	136	84	133	83	228	154	116	80	108	80	130
Kassel	193.805	106,8	56,25	47,37	-50,86	43,70	-50,86	57,17	57,48	43,78	-50,64	40,82	-50,64	58,40	66	72	394	67	394	76	42	124	394	125	394	45
Kaufungen	12.779	26,1	55,42	37,18	-51,44	36,64	-51,44	55,60	50,84	32,84	-51,31	32,28	-51,31	51,02	141	180	396	173	396	196	160	244	398	241	398	190
Kefenrod	3.059	30,6	53,35	-999	1,12	-999	1,12	53,35	44,41	-999	0,91	-999	0,91	44,41	387	400	175	400	175	404	349	409,5	176	409,5	176	371
Kelkheim (Taunus)	26.849	30,7	53,85	37,79	35,35	36,49	35,35	54,71	51,68	39,40	36,49	38,12	36,48	53,39	335	173	93	175	93	294	137	173	87	170	87	133
Kelsterbach	13.943	15,4	57,60	49,96	51,39	45,39	54,34	60,82	64,92	56,29	58,63	49,93	62,96	69,22	15	33	13	31	15	12	3	5	4	5	5	3
Kiedrich	3.895	12,3	56,37	34,53	38,74	34,38	38,74	56,76	44,93	40,72	40,60	38,85	40,60	48,91	58	211	83	203	84	88	332	158	72	156	72	250
Kirchhain	16.423	91,0	53,94	45,48	-24,60	41,81	-24,60	54,90	49,60	44,15	-24,89	41,43	-24,89	50,77	325	98	278	101	278	275	187	119	282	121	282	199
Kirchheim	3.953	50,6	59,32	41,85	-34,12	39,42	-34,12	59,58	51,77	46,16	-34,38	43,09	-34,38	52,79	2	135	324	141	324	17	132	94	327	91	327	147
Kirtorf	3.575	79,9	54,65	24,37	-24,47	24,37	-24,47	54,69	45,65	34,66	-24,44	34,03	-24,44	47,18	238	275	277	274	277	295	313	222	278	216	278	298
Knüllwald	5.064	100,6	56,98	25,67	-39,18	25,58	-39,18	57,06	50,39	40,91	-39,00	39,32	-39,00	52,60	31	271	346	270	346	78	167	155	347	151	347	149
Königstein im Taunus	15.763	25,0	55,09	33,63	31,71	32,69	31,71	55,44	49,12	31,77	33,58	31,00	33,58	50,40	179	224	109	221	109	212	204	257	101	259	101	206
Korbach	24.507	124,1	53,31	31,27	-43,89	30,84	-43,89	53,54	46,13	27,74	-43,69	26,92	-43,69	46,80	390	241	364	238	364	395	298	291	364	295	364	311
Körle	2.928	17,5	54,96	52,94	-46,06	47,01	-46,06	56,29	45,75	55,32	-46,35	49,80	-46,35	53,35	194	12	373	14	373	126	307	6	377	6	377	134
Kriftel	10.634	6,8	58,41	50,90	39,52	45,68	39,52	58,99	65,14	50,64	40,64	46,31	40,63	65,49	5	25	80	26	80	25	2	32	71	34	71	11
Kronberg im Taunus	17.765	18,7	54,69	33,90	28,36	33,33	28,36	54,92	52,60	32,80	28,93	32,13	28,93	52,96	230	221	120	212	120	269	112	245	116	246	116	142
Künzell	16.249	30,3	56,16	36,20	-27,60	35,06	-27,60	56,34	54,63	31,07	-28,27	30,33	-28,27	54,71	73	193	292	192	292	121	78	265	295	266	295	107
Lahnau	8.398	23,9	56,22	42,17	-9,95	40,11	-9,95	56,50	52,46	44,35	-10,44	41,67	-10,44	52,94	69	131	213	129	213	109	115	118	217	120	217	143
Lahntal	6.893	40,5	55,58	40,37	-24,81	39,26	-24,81	55,98	48,66	40,94	-24,82	39,20	-24,82	49,54	122	152	279	143	279	155	223	154	281	152	281	225
Lampertheim	31.814	72,3	53,75	48,03	36,61	43,95	36,61	55,24	51,62	42,57	35,96	39,96	35,96	53,71	349	60	88	62	88	241	140	134	91	143	91	126
Langen (Hessen)	35.378	29,1	54,43	47,06	39,42	43,45	39,43	55,72	54,30	46,74	42,01	43,26	42,18	56,46	258	79	81	73	81	183	85	80	61	86	61	78
Langenselbold	12.771	26,2	56,89	36,67	40,50	36,24	40,52	57,19	58,40	46,67	40,13	43,42	40,56	59,43	37	186	71	179	71	73	33	81	76	81	75	41
Langgöns	12.179	52,6	55,26	32,99	-4,08	29,25	-4,08	55,95	49,50	28,67	-3,50	26,52	-3,50	49,79	166	228	192	249	192	158	193	287	190	302	190	219
Laubach	10.324	97,0	54,28	18,19	-11,35	18,19	-11,35	54,28	46,34	23,14	-11,52	23,14	-11,52	46,35	283	303	221	303	221	339	292	322	221	322	221	323
Lauterbach (Hessen)	14.557	102,0	55,47	31,61	-23,52	31,03	-23,52	55,67	46,67	32,73	-23,51	31,75	-23,51	47,30	133	239	271	236	271	187	280	246	273	249	273	291
Lautertal (Odenwald)	7.378	30,8	56,18	13,33	32,04	13,33	32,04	56,33	47,78	15,00	32,47	15,00	32,47	48,38	71	323	107	323	107	122	246	353	107	353	107	265

			Mittelwert												Priorität											
			FAS						RAS						FAS						RAS					
Gemeinde	Einw.	km²	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES
Lautertal (Vogelsberg)	2.618	53,7	54,84	-999	-19,77	-999	-19,77	54,84	43,59	15,02	-19,64	15,02	-19,64	43,59	212	400	254	400	254	281	362	352	255	352	255	382
Leun	6.045	28,7	55,75	41,68	-8,22	39,75	-8,22	56,09	48,58	40,19	-8,77	38,49	-8,77	49,44	105	138	209	134	209	142	225	166	212	165	212	230
Lich	13.530	77,6	54,93	35,03	-7,32	33,70	-7,32	55,39	50,97	31,21	-7,50	30,35	-7,50	51,38	202	208	202	209	202	222	153	263	204	265	204	180
Lichtenfels	4.348	96,8	53,65	-999	-39,04	-999	-39,04	53,65	40,27	-999	-39,27	-999	-39,27	40,27	358	400	345	400	345	383	403	409,5	348	409,5	348	414
Liebenau	3.616	48,9	53,75	47,34	-56,05	43,20	-56,05	55,48	44,83	46,83	-55,99	43,23	-55,99	49,43	348	73	418	80	418	206	337	78	421	87	421	231
Liederbach am Taunus	8.520	6,2	57,27	41,52	32,84	40,56	32,84	57,62	60,78	46,92	33,42	44,31	33,42	61,24	23	140	104	120	104	58	17	75	102	71	102	30
Limburg an der Lahn	33.639	45,2	58,47	42,84	3,50	40,42	3,50	58,77	59,99	46,14	2,89	42,59	2,89	60,65	3	125	168	124	168	27	25	96	172	104	172	33
Limeshain	5.456	12,5	55,26	16,13	11,93	16,13	11,93	55,27	54,79	23,95	11,91	23,95	11,91	54,80	164	314	152	314	152	237	74	318	152	317	152	102
Linden	12.205	22,8	57,37	48,61	-7,42	44,51	-7,42	58,05	61,23	51,60	-7,63	46,88	-7,63	61,99	18	52	203	49	203	38	14	26	205	29	205	25
Lindenfels	5.400	21,1	53,92	4,20	26,58	4,20	26,58	53,97	49,08	14,11	27,90	14,11	27,90	49,24	327	344	125	344	125	361	206	359	120	359	120	237
Linsengericht	9.766	29,8	55,02	34,70	45,75	33,20	46,55	56,30	47,84	40,09	41,52	38,74	42,00	50,36	189	209	34	216	33	124	244	168	64	159	62	209
Lohfelden	13.798	16,6	57,01	16,62	-50,23	16,61	-50,23	57,01	57,93	20,69	-50,12	20,64	-50,12	57,94	30	311	390	311	390	80	37	332	392	332	392	56
Löhnberg	4.481	33,8	55,84	34,06	-7,55	33,22	-7,55	56,02	48,63	35,18	-8,34	33,91	-8,34	48,97	100	217	205	215	205	151	224	213	210	218	210	248
Lohra	5.771	49,2	54,95	17,71	-17,52	17,71	-17,52	54,95	45,71	29,83	-17,48	29,83	-17,48	45,73	198	305	247	305	247	264	310	276	248	274	248	335
Lollar	10.167	21,9	55,50	50,64	-14,84	45,51	-14,84	56,62	51,23	49,37	-15,11	45,38	-15,11	53,83	129	27	231	29	231	101	144	48	234	50	234	124
Lorch	4.238	54,4	53,92	52,04	22,95	47,77	22,95	56,29	43,45	41,21	25,11	38,78	25,11	46,28	329	18	131	10	131	128	364	151	126	158	126	325
Lorsch	12.662	25,3	56,23	36,43	40,91	35,72	40,91	56,57	58,29	37,70	40,57	36,81	40,57	58,67	67	187	70	183	70	105	34	193	74	185	74	43
Ludwigsau	5.950	112,1	54,32	48,86	-39,60	44,52	-39,60	55,77	38,33	46,18	-39,56	43,08	-39,56	42,92	277	49	347	48	347	177	416	93	349	92	349	388
Lützelbach	7.332	35,4	54,43	14,31	27,26	14,31	27,30	55,35	44,36	22,58	33,18	22,58	33,24	48,31	257	321	123	321	123	229	352	325	104	325	103	266
Mainhausen	8.916	17,9	55,99	34,05	32,36	33,47	32,36	56,19	62,74	40,08	29,48	39,12	29,48	62,87	92	218	106	211	106	136	9	169	115	154	115	22
Maintal	38.224	32,4	56,84	38,98	41,18	37,68	41,17	57,26	58,12	41,89	40,81	39,45	40,87	58,64	39	166	68	161	68	68	35	146	70	150	68	44
Malsfeld	4.286	34,6	56,42	44,59	-42,66	41,25	-42,66	57,25	55,68	42,73	-42,31	40,07	-42,31	56,34	55	106	355	112	355	70	62	133	357	139	357	83
Marburg	78.275	123,9	55,30	41,37	-22,29	38,75	-22,29	55,68	51,20	39,08	-22,31	37,22	-22,31	51,85	159	141	265	150	265	185	147	177	270	181	270	171
Meinhard	5.285	39,6	54,43	34,34	-55,38	33,23	-55,38	54,53	45,46	37,73	-55,64	36,68	-55,64	46,51	259	215	413	214	413	308	317	192	418	188	418	319
Meißner	3.522	44,8	55,34	28,44	-53,00	28,26	-53,00	55,43	45,04	39,97	-52,60	38,61	-52,60	45,53	152	254	403	253	403	215	326	170	404	162	404	340
Melsungen	14.025	63,1	54,95	50,08	-44,98	45,22	-44,98	56,07	42,77	49,02	-45,65	44,73	-45,65	48,59	197	31	368	35	368	144	377	56	372	64	372	259
Mengerskirchen	6.133	30,8	55,44	10,40	-10,19	10,40	-10,19	55,44	47,07	15,20	-10,29	15,20	-10,29	47,07	138	329	216	329	216	214	269	351	215	350	215	300
Merenberg	3.502	23,1	56,04	2,06	-7,90	2,06	-7,90	56,04	50,87	16,75	-7,96	16,75	-7,96	50,87	87	349	207	349	207	147	158	347	209	347	209	197
Messel	3.901	14,8	52,65	41,17	45,25	39,87	45,20	54,50	49,98	48,66	44,98	44,94	45,53	55,21	414	143	37	131	40	312	178	63	40	60	39	98
Michelbuch	-	4,9	-999	-999	-999	-999	-999	-999	39,05	35,09	5,55	34,06	5,55	41,23	428,5	400	428,5	400	428,5	428,5	412	214	162	215	162	410
Michelstadt	17.219	87,0	53,90	29,81	24,03	29,63	24,03	54,05	44,31	27,31	18,88	26,82	18,88	44,80	331	248	128	247	128	355	353	295	140	297	140	363
Mittenaar	5.076	35,1	55,30	10,45	-16,20	10,45	-16,20	55,30	44,62	31,68	-16,02	31,68	-16,02	45,14	158	328	238	328	238	234	342	259	238	250	238	352
Modautal	5.080	31,8	53,79	-999	42,04	-999	42,11	54,90	47,30	-3,07	42,31	-3,07	42,35	49,75	343	400	60	400	58	274	260	380	59	380	60	220
Mörfelden-Walldorf	32.673	44,1	55,48	54,25	52,93	47,89	56,42	61,13	56,34	49,15	56,82	45,44	60,43	67,36	132	7	9	9	9	11	53	52	7	48	7	5
Mörlenbach	10.556	27,3	55,61	32,77	18,51	31,75	18,51	55,89	50,55	33,29	18,42	32,43	18,42	50,89	116	229	142	231	142	166	165	239	141	240	141	196
Morschen	3.925	47,9	54,00	49,26	-42,95	44,54	-42,95	55,09	41,98	49,67	-42,92	45,60	-42,92	49,07	318	41	358	47	358	251	389	44	359	45	359	242
Mossautal	2.632	48,5	54,10	2,00	21,14	2,00	21,14	54,12	42,54	12,29	21,13	12,29	21,13	42,85	306	350	138	350	138	349	381	362	135	362	135	392
Mücke	10.238	86,2	55,64	36,17	-16,38	33,92	-16,38	56,05	51,72	36,96	-16,59	35,56	-16,59	52,15	115	194	239	207	239	146	136	196	243	197	243	164
Mühlheim am Main	26.516	20,7	56,04	51,47	49,99	46,46	52,25	60,02	54,38	53,86	52,67	48,59	56,17	61,72	86	21	20	20	23	14	81	10	14	9	14	28
Mühltal	13.811	25,3	54,32	31,05	41,49	30,29	41,50	55,39	49,47	28,46	42,73	27,95	42,91	52,48	275	243	65	242	65	224	194	289	54	285	55	152
Münchhausen	3.636	41,6	55,95	33,69	-29,13	32,19	-29,13	56,21	45,92	33,29	-29,15	32,16	-29,15	46,45	94	223	298	226	298	134	301	237	299	244	299	320
Münster	13.957	20,7	54,12	49,74	35,08	45,09	35,08	55,14	51,09	53,74	36,11	48,48	36,11	55,54	303	36	94	37	94	248	151	12	89	11	89	94
Münzenberg	5.677	31,6	57,92	18,46	-3,72	18,35	-3,72	58,00	57,63	26,71	-3,64	25,50	-3,64	58,14	12	302	189	301	189	41	41	303	191	308	191	54
Nauheim	10.305	13,8	55,30	47,55	55,74	43,77	60,50	62,40	55,80	48,75	58,85	45,04	63,92	66,39	160	69	5	64	5	7	60	60	3	57	3	9
Naumburg	5.505	66,3	54,09	-999	-44,93	-999	-44,93	54,09	41,40	-13,98	-44,48	-13,98	-44,48	41,40	307	400	367	400	367	351	395	386	369	386	369	409
Neckarsteinach	3.930	17,3	56,89	46,31	7,34	42,16	7,34	57,81	48,95	38,85	7,61	36,62	7,61	49,95	36	87	158	96	158	50	210	180	158	190	158	217
Nentershausen	3.162	57,1	52,98	26,09	-46,73	26,08	-46,73	53,10	41,45	34,16	-46,59	33,42	-46,59	42,61	405	268	378	266	378	411	394	228	378	227	378	395
Neu-Anspach	15.233	36,1	53,31	36,37	14,03	35,52	14,03	53,77	45,88	34,21	17,39	33,21	17,39	47,05	389	189	149	186	149	372	302	226	145	231	145	301

			Mittelwert												Priorität											
			FAS						RAS						FAS						RAS					
Gemeinde	**Einw.**	**km²**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**	**STR**	**SCH**	**FLG**	**wSCH**	**wFLG**	**GES**
Neuberg	5.253	10,5	54,63	-2,90	30,44	-2,90	30,44	54,67	57,23	22,66	28,60	22,66	28,60	57,27	241	356	116	356	116	298	43	323	117	323	117	63
Neu-Eichenberg	1.918	27,7	55,12	47,80	-58,79	43,32	-58,79	56,73	49,40	51,54	-58,66	47,18	-58,66	53,41	177	65	421	77	421	90	197	28	424	24	424	132
Neuenstein	3.156	64,8	55,39	37,07	-36,74	35,19	-36,74	55,61	51,50	46,99	-36,63	43,99	-36,63	53,50	147	181	335	188	335	195	142	73	338	74	338	129
Neuental	3.398	38,7	54,35	45,94	-35,40	42,10	-35,40	55,64	49,66	48,07	-35,17	44,50	-35,17	52,25	272	93	331	98	331	192	184	67	333	68	333	162
Neuhof	11.475	90,3	55,09	51,03	-22,46	46,01	-22,46	55,90	42,86	35,04	-22,27	32,14	-22,27	45,05	180	24	267	21	267	165	374	216	268	245	268	354
Neu-Isenburg	35.318	24,3	58,44	38,65	56,47	36,80	61,14	64,17	63,10	49,37	57,43	44,58	61,83	67,71	4	168	4	171	4	4	5	49	6	67	6	4
Neukirchen	7.667	66,3	54,96	-999	-32,06	-999	-32,06	54,96	45,17	-999	-32,28	-999	-32,28	45,17	196	400	314	400	314	263	324	409,5	318	409,5	318	351
Neustadt (Hessen)	9.152	56,9	55,40	48,00	-28,00	43,34	-28,00	56,66	47,11	43,97	-28,29	41,27	-28,29	48,68	144	61	293	75	293	98	266	121	296	122	296	258
Nidda	18.282	118,3	53,81	34,14	-4,47	33,08	-4,47	54,22	47,34	36,64	-4,95	35,10	-4,95	47,92	340	216	193	218	193	344	258	200	195	205	195	281
Niddatal	9.027	40,2	54,53	46,04	16,50	42,84	16,45	55,68	49,04	46,40	16,63	43,02	16,61	51,70	248	90	146	90	146	186	208	84	147	94	147	178
Nidderau	20.115	46,8	55,17	47,19	31,45	43,73	31,45	56,21	50,02	46,76	23,59	43,57	23,59	52,28	174	75	111	65	111	132	177	79	129	77	129	159
Niedenstein	5.657	30,7	54,11	-15,84	-45,47	-15,84	-45,47	54,11	48,74	-0,80	-45,34	-0,80	-45,34	48,74	304	363	369	363	369	350	218	378	370	378	370	256
Niederaula	5.553	64,1	56,49	42,44	-33,39	40,31	-33,39	56,89	53,32	46,32	-33,49	43,32	-33,49	55,59	53	127	320	126	320	84	100	89	322	85	322	93
Niederdorfelden	2.927	6,5	53,66	45,21	48,12	43,29	49,52	56,09	55,11	41,61	46,14	39,94	46,75	56,47	356	101	26	78	26	143	69	148	35	144	35	77
Niedernhausen	14.628	35,3	56,54	41,98	43,97	38,93	44,50	57,68	53,71	43,86	42,70	41,23	43,17	56,02	51	133	46	146	44	54	94	123	55	123	54	89
Nieste	1.741	4,1	55,93	-3,88	-53,27	-3,88	-53,27	55,93	52,28	11,32	-53,04	11,32	-53,04	52,28	95	358	405	358	405	160	116	363	406	363	406	160
Niestetal	10.570	22,2	57,60	23,34	-51,95	23,34	-51,95	57,61	57,65	23,57	-52,31	23,56	-52,31	57,67	14	279	398	279	398	59	40	320	402	319	402	60
Nüsttal	2.888	45,5	53,15	19,72	-33,52	19,72	-33,52	53,16	44,58	31,11	-33,96	31,11	-33,96	44,60	400	296	321	296	321	409	344	264	325	256	325	368
Oberaula	3.457	44,0	54,55	-999	-32,92	-999	-32,92	54,55	45,84	-999	-32,87	-999	-32,87	45,84	247	400	319	400	319	303	303	409,5	319	409,5	319	330
Ober-Mörlen	5.985	37,6	57,19	31,72	3,23	31,64	3,23	57,24	53,04	42,97	3,93	40,48	3,93	53,16	24	238	169	232	169	72	104	130	169	135	169	137
Ober-Ramstadt	15.420	41,9	54,67	33,11	41,43	32,05	41,41	55,64	49,37	34,96	42,36	33,95	42,36	51,81	233	226	66	229	66	191	198	219	57	217	59	173
Obertshausen	24.538	13,7	57,28	40,97	47,85	39,66	49,02	58,40	62,83	41,92	47,96	40,55	49,18	63,48	21	145	27	135	28	31	7	145	23	130	27	17
Oberursel (Taunus)	42.584	45,3	55,60	44,14	33,83	41,40	33,83	56,18	56,40	38,65	32,96	36,62	32,96	56,81	120	111	101	107	101	137	52	183	105	189	105	68
Oberweser	3.620	41,2	55,60	15,94	-63,01	15,94	-63,01	55,62	48,72	29,38	-63,10	29,23	-63,10	49,13	119	316	424	316	424	194	220	279	429	278	429	239
Oestrich-Winkel	11.987	59,5	55,05	52,29	33,03	46,91	33,03	57,25	30,42	46,94	34,31	43,61	34,31	42,17	186	16	103	16	103	71	430	74	96	76	96	402
Offenbach am Main	119.533	44,9	55,46	49,06	54,38	44,87	58,30	62,03	61,42	48,82	54,13	44,70	57,94	65,04	134	43	8	39	8	8	13	58	10	66	9	13
Ortenberg	9.292	54,7	55,59	21,12	0,78	20,77	0,78	55,67	48,80	31,90	0,64	31,09	0,64	49,03	121	287	177	289	177	188	214	256	177	257	177	244
Ottrau	2.493	48,5	53,21	-999	-30,38	-999	-30,38	53,21	46,64	-999	-30,18	-999	-30,18	46,64	398	400	302	400	302	408	283	409,5	304	409,5	304	314
Otzberg	6.330	41,9	56,22	29,18	48,68	28,81	50,38	58,52	49,85	33,13	47,84	32,21	49,12	53,91	68	251	24	251	24	30	179	240	26	242	28	121
Petersberg	14.415	35,5	55,46	47,07	-28,79	43,39	-28,79	56,39	55,99	51,30	-29,26	46,68	-29,26	57,65	135	78	297	74	297	119	57	30	300	30	300	61
Pfungstadt	25.000	42,5	57,86	35,26	47,48	32,64	48,54	59,20	61,93	39,37	48,66	36,34	50,53	63,41	13	205	28	222	30	21	10	174	22	194	22	18
Philippsthal (Werra)	4.517	21,3	55,85	10,12	-42,07	10,12	-42,07	55,85	49,31	15,24	-42,17	15,17	-42,17	49,35	98	330	354	330	354	169	200	350	356	351	356	235
Pohlheim	17.692	38,0	55,52	31,87	-7,51	31,18	-7,51	55,81	57,93	36,38	-7,02	35,48	-7,02	58,21	127	236	204	234	204	173	38	203	201	200	201	52
Poppenhausen(Wasserkuppe)	2.679	40,7	50,25	6,34	-31,50	6,34	-31,50	50,26	46,51	20,30	-31,78	20,23	-31,78	46,54	426	339	309	339	309	426	286	334	312	333	312	315
Rabenau	5.397	43,4	53,52	-999	-16,53	-999	-16,53	53,52	44,52	18,22	-16,53	18,22	-16,53	44,52	375	400	241	400	241	398	345	341	241	341	241	369
Ranstadt	5.044	34,3	54,15	28,56	0,85	27,90	0,85	54,40	50,09	33,29	0,39	32,59	0,39	50,63	297	253	176	254	176	327	176	238	178	238	178	202
Rasdorf	1.849	30,1	54,37	-999	-36,80	-999	-36,80	54,37	47,02	-999	-36,65	-999	-36,65	47,02	267	400	338	400	338	330	271	409,5	339	409,5	339	306
Raunheim	13.643	12,6	54,35	52,23	62,20	46,47	67,93	68,34	64,23	52,26	63,85	47,19	69,29	71,83	270	17	1	19	1	1	4	19	1	23	1	1
Rauschenberg	4.819	67,3	53,24	18,74	-27,59	18,74	-27,59	53,24	42,83	27,24	-28,11	27,24	-28,11	42,86	395	300	291	299	291	407	375	297	294	291	294	391
Reichelsheim (Odenwald)	9.109	58,2	54,94	-999	31,15	-999	31,15	55,05	47,49	-0,42	29,87	-0,42	29,87	47,89	200	400	114	400	114	254	251	377	114	377	114	282
Reichelsheim (Wetterau)	6.873	27,6	54,25	38,51	2,36	37,15	2,36	54,81	50,17	38,15	2,56	36,77	2,56	50,98	291	169	174	168	174	285	171	188	173	186	173	193
Reinhardshagen	5.136	13,0	53,86	-27,60	-59,02	-27,60	-59,02	53,86	51,76	-9,10	-59,32	-9,10	-59,32	51,76	333	369	422	369	422	368	133	382	425	382	425	176
Reinheim	17.854	27,7	54,77	35,48	47,26	34,85	48,15	56,62	50,88	39,09	46,15	37,85	46,98	54,21	221	203	30	194	31	100	156	176	33	173	34	119
Reiskirchen	10.787	45,0	56,03	40,09	-12,02	37,45	-12,02	56,41	53,66	38,95	-11,99	37,18	-11,99	54,20	88	157	223	164	223	118	95	179	224	182	224	120
Riedstadt	21.287	73,8	53,21	44,03	47,04	40,63	48,59	56,66	46,34	42,74	46,70	40,38	48,25	53,60	397	113	31	119	29	99	293	132	31	136	30	127
Rimbach	8.563	23,1	54,97	35,58	18,18	34,63	18,18	55,29	44,48	32,18	17,63	31,59	17,63	45,22	192	200	143	199	143	235	347	254	143	251	143	350
Ringgau	3.375	66,5	55,13	20,82	-51,56	20,82	-51,56	55,14	43,10	33,87	-51,53	33,77	-51,53	43,24	176	289	397	288	397	247	369	233	399	221	399	385
Rockenberg	4.060	16,1	54,87	24,62	-1,24	24,61	-1,24	54,91	47,83	25,69	-1,20	25,48	-1,20	48,00	207	274	185	273	185	271	245	310	186	309	186	279

			Mittelwert												Priorität											
			FAS						RAS						FAS						RAS					
Gemeinde	Einw.	km²	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES
Rodenbach	11.463	16,7	54,90	46,25	51,34	42,53	54,35	59,05	49,74	45,29	47,89	42,45	49,67	54,64	205	88	14	93	14	22	181	106	25	106	24	110
Rödermark	26.396	30,0	54,59	43,81	32,70	41,31	32,70	55,27	54,69	45,25	34,53	42,63	34,53	55,66	243	114	105	111	105	239	76	107	95	101	95	91
Rodgau	43.398	65,0	55,33	46,53	35,36	43,46	35,37	56,26	54,66	40,26	34,12	38,66	34,20	55,49	154	84	92	72	92	130	77	165	97	161	97	95
Romrod	3.068	54,4	55,23	35,35	-22,75	33,97	-22,75	55,49	50,18	40,62	-22,25	38,42	-22,25	50,86	170	204	269	206	269	205	170	160	267	167	267	198
Ronneburg	3.237	14,2	52,96	-2,06	23,51	-2,06	23,51	52,97	47,71	14,88	23,16	14,88	23,16	47,77	407	354	129	354	129	413	247	354	130	354	130	283
Ronshausen	2.504	37,6	55,18	54,79	-43,19	48,62	-43,19	57,97	43,28	45,60	-43,09	42,69	-43,09	48,27	173	3	360	4	360	43	367	103	360	100	360	267
Rosbach vor der Höhe	11.706	45,4	57,15	39,44	21,33	38,37	21,33	57,47	53,88	38,80	25,39	37,62	25,39	54,67	25	163	137	154	137	63	91	181	125	175	125	109
Rosenthal	2.210	51,5	53,84	11,30	-30,74	11,30	-30,74	53,84	40,46	26,14	-30,83	25,90	-30,83	40,65	336	327	304	327	304	369	401	307	308	305	308	413
Roßdorf	12.098	20,6	55,32	13,01	50,06	13,01	52,46	58,14	55,62	22,37	51,80	22,37	54,99	60,11	156	324	19	324	19	36	65	326	17	326	17	37
Rotenburg an der Fulda	14.331	80,0	53,64	47,55	-42,70	43,28	-42,70	54,82	38,84	40,79	-43,15	38,81	-43,15	41,84	360	68	356	79	356	283	413	157	361	157	361	406
Rothenberg	2.516	30,5	52,66	6,15	4,05	6,15	4,05	52,66	39,23	13,32	5,42	13,32	5,42	39,43	413	340	166	340	166	418	411	361	163	361	163	418
Rüdesheim am Rhein	9.934	51,4	54,40	50,55	21,85	45,78	21,85	56,03	39,80	42,16	22,58	39,65	22,58	43,71	263	28	134	24	134	149	408	138	132	149	132	379
Runkel	9.801	43,7	55,84	36,39	-0,83	34,78	-0,83	56,30	50,12	35,34	-1,34	34,20	-1,34	51,29	101	188	183	197	183	125	173	212	187	214	187	183
Rüsselsheim	59.551	58,3	56,91	43,79	49,91	41,15	52,30	59,89	58,60	44,76	54,76	41,92	57,72	66,67	34	115	22	113	22	15	32	111	9	113	10	8
Schaafheim	8.787	32,1	54,09	17,14	27,46	17,14	27,46	54,14	44,95	31,44	27,90	31,36	27,90	45,78	308	308	122	308	122	346	330	262	121	252	121	334
Schauenburg	10.408	30,9	55,32	17,65	-48,18	17,63	-48,18	55,35	56,60	19,88	-48,11	19,80	-48,11	56,61	155	306	381	306	381	230	50	336	383	335	383	74
Schenklengsfeld	4.792	63,7	54,02	25,80	-38,48	25,79	-38,48	54,05	46,61	37,85	-38,46	36,99	-38,46	47,13	315	270	342	268	342	354	284	191	346	183	346	299
Schlangenbad	6.214	36,6	55,39	-999	40,25	-999	40,25	55,88	47,27	-999	39,75	-999	39,75	50,37	146	400	75	400	74	167	261	409,5	79	409,5	79	208
Schlitz	10.241	142,0	54,15	31,87	-28,42	31,38	-28,42	54,30	38,32	37,33	-28,53	35,61	-28,53	40,23	298	235	295	233	295	337	417	195	298	196	298	415
Schlüchtern	17.235	113,3	53,30	45,66	-17,83	42,12	-17,83	54,78	45,45	50,13	-18,59	45,96	-18,59	50,64	391	94	248	97	248	289	318	39	250	41	250	201
Schmitten	8.877	35,5	54,01	3,07	35,41	3,07	35,41	54,45	47,13	14,19	32,05	14,19	32,05	49,39	316	346	91	346	91	320	265	358	110	358	110	234
Schöffengrund	6.416	34,1	54,14	8,46	-4,77	8,46	-4,77	54,15	49,42	19,35	-4,45	19,35	-4,45	49,46	299	334	194	334	194	345	195	338	193	338	193	229
Schöneck	11.422	21,5	53,99	39,92	41,89	38,59	41,84	55,15	49,55	41,35	41,26	39,74	41,28	51,77	319	158	61	152	61	246	190	150	65	147	65	175
Schotten	11.512	133,6	55,40	-999	-10,75	-999	-10,75	55,40	46,75	-999	-11,11	-999	-11,11	46,75	145	400	219	400	219	221	278	409,5	220	409,5	220	312
Schrecksbach	3.337	36,6	54,82	-999	-29,86	-999	-29,86	54,82	48,19	-999	-29,68	-999	-29,68	48,19	214	400	300	400	300	284	235	409,5	303	409,5	303	270
Schwalbach am Taunus	14.282	6,5	54,81	45,22	29,63	42,86	29,63	55,22	59,24	49,20	29,97	45,31	29,97	59,62	215	100	118	88	118	243	29	51	113	51	113	39
Schwalmstadt	19.358	84,8	54,66	41,96	-31,61	38,88	-31,61	55,37	48,24	45,70	-31,80	42,74	-31,80	50,45	234	134	312	148	312	227	232	101	313	98	313	204
Schwalmtal	3.169	54,4	53,04	36,84	-23,66	35,02	-23,66	53,47	43,84	34,38	-23,81	33,40	-23,81	44,65	403	184	273	193	273	401	358	224	275	228	275	367
Schwarzenborn	1.221	26,9	53,93	-999	-34,90	-999	-34,90	53,93	44,98	-999	-34,69	-999	-34,69	44,98	326	400	327	400	327	363	329	409,5	328	409,5	328	357
Seeheim-Jugenheim	16.439	28,0	55,10	35,49	45,38	34,68	45,84	56,44	49,62	28,69	43,68	27,62	44,04	52,35	178	202	36	198	38	115	185	285	45	289	45	154
Seligenstadt	19.560	30,9	56,26	36,34	40,37	35,99	40,35	56,70	59,04	38,41	36,92	37,47	36,91	59,41	65	190	73	180	73	93	30	185	85	177	85	42
Selters (Taunus)	8.300	40,4	54,29	32,28	6,22	30,44	6,22	54,54	43,64	32,62	3,94	31,16	3,94	43,99	281	233	160	241	160	304	360	248	168	255	168	377
Sensbachtal	1.039	34,0	52,08	4,47	3,82	4,46	3,82	52,23	34,37	20,11	3,63	19,79	3,63	35,48	422	343	167	343	167	423	427	335	170	336	170	429
Siegbach	2.948	29,0	53,81	-999	-18,67	-999	-18,67	53,81	42,42	-999	-19,17	-999	-19,17	42,42	338	400	249	400	249	370	384	409,5	253	409,5	253	397
Sinn	6.599	18,7	57,12	48,95	-14,16	44,60	-14,16	57,56	52,87	48,42	-13,96	44,98	-13,96	54,23	26	46	230	45	230	60	107	65	231	59	231	117
Sinntal	9.700	111,8	53,07	45,07	-21,01	40,66	-21,01	55,17	41,07	46,35	-21,34	42,61	-21,34	48,18	402	103	262	118	262	245	397	87	263	103	263	271
Söhrewald	5.263	58,9	54,04	16,03	-48,79	16,03	-48,79	54,04	41,28	21,47	-48,80	21,46	-48,80	41,79	313	315	385	315	385	356	396	331	387	331	387	407
Solms	13.924	34,0	55,52	37,51	-8,01	36,64	-8,01	55,79	49,41	40,54	-8,40	39,10	-8,40	50,74	125	176	208	174	208	175	196	161	211	155	211	200
Sontra	8.745	111,2	53,41	50,14	-48,65	45,14	-48,65	55,00	43,00	46,23	-48,74	43,19	-48,74	45,82	383	30	384	36	384	259	371	92	386	88	386	331
Spangenberg	6.630	97,7	53,08	37,86	-45,88	37,26	-45,88	53,13	39,99	36,25	-46,18	35,22	-46,18	40,75	401	172	370	167	370	410	407	205	375	203	375	412
Stadtallendorf	21.562	78,3	54,32	40,44	-25,07	37,69	-25,07	54,95	46,22	40,53	-25,66	37,78	-25,66	48,70	276	150	281	160	281	266	296	162	285	174	285	257
Staufenberg	8.173	28,1	55,34	33,59	-15,10	33,10	-15,10	55,42	46,81	33,93	-15,29	33,50	-15,29	47,02	151	225	234	217	234	216	277	231	236	225	236	307
Steffenberg	4.374	24,3	55,26	-999	-23,33	-999	-23,33	55,26	47,27	-999	-23,36	-999	-23,36	47,27	165	400	270	400	270	240	262	409,5	272	409,5	272	293
Steinau an der Straße	11.195	104,8	52,31	45,62	-14,92	41,95	-14,92	52,81	45,28	44,68	-15,21	41,89	-15,21	45,94	421	95	232	100	232	415	323	112	235	114	235	329
Steinbach (Taunus)	10.230	4,4	55,72	42,44	33,29	40,90	33,29	56,12	55,97	46,28	32,64	43,81	32,64	56,69	107	128	102	115	102	141	58	91	106	75	106	73
Stockstadt am Rhein	5.748	18,7	53,81	53,69	42,96	47,56	42,97	56,25	40,58	44,61	40,03	41,84	40,08	47,23	337	9	55	11	54	131	400	114	77	117	77	295
Sulzbach (Taunus)	8.189	7,8	57,39	47,75	31,36	44,42	31,36	57,99	62,80	50,57	32,13	46,22	32,13	63,22	17	66	113	52	113	42	8	33	108	35	108	19
Tann (Rhön)	4.696	60,5	55,27	-999	-38,00	-999	-38,00	55,27	48,01	-999	-37,97	-999	-37,97	48,01	162	400	340	400	340	236	240	409,5	343	409,5	343	278

			Mittelwert												Priorität											
			FAS						RAS						FAS						RAS					
Gemeinde	Einw.	km²	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES	STR	SCH	FLG	wSCH	wFLG	GES
Taunusstein	29.350	67,0	54,87	5,30	27,54	5,30	27,54	54,89	50,88	22,65	28,20	22,65	28,20	51,00	209	341	121	341	121	276	157	324	119	324	119	191
Trebur	12.813	50,1	53,56	28,94	49,75	28,81	52,34	57,90	49,05	42,50	49,42	40,54	51,83	56,02	371	252	23	252	21	46	207	136	21	132	21	88
Trendelburg	5.707	69,3	53,44	25,62	-60,72	23,71	-60,72	53,70	44,84	34,36	-60,60	32,69	-60,60	46,52	379	272	423	276	423	377	336	225	427	235	427	317
Twistetal	4.760	74,1	54,50	31,92	-46,50	31,05	-46,50	54,88	42,74	33,76	-46,79	32,69	-46,79	44,11	251	234	376	235	376	277	378	234	379	234	379	376
Ulrichstein	3.262	65,6	53,47	-999	-16,18	-999	-16,18	53,47	45,35	-999	-16,21	-999	-16,21	45,35	378	400	237	400	237	400	321	409,5	240	409,5	240	347
Usingen	13.503	55,8	55,56	27,75	6,88	27,48	6,88	55,67	50,63	30,99	6,13	30,05	6,13	51,00	124	260	159	258	159	189	164	266	161	270	161	192
Vellmar	18.384	13,9	56,14	52,83	-52,54	47,27	-52,54	57,35	57,77	57,91	-52,74	51,32	-52,74	60,22	78	14	402	13	402	65	39	2	405	2	405	36
Viernheim	32.660	48,4	58,30	29,44	34,94	29,23	34,94	58,36	59,25	27,51	36,87	27,16	36,87	59,59	8	250	95	250	95	33	28	293	86	292	86	40
Villmar	7.352	43,1	54,03	37,35	-0,41	35,84	-0,41	54,69	46,48	39,69	-0,48	38,07	-0,48	48,55	314	178	179	182	179	296	287	171	181	171	181	261
Völhl	6.286	98,8	53,75	-23,62	-40,99	-23,62	-40,99	53,75	42,94	-9,32	-40,09	-9,32	-40,09	42,94	350	368	352	368	352	375	372	384	351	384	351	387
Volkmarsen	6.960	67,5	53,59	39,56	-50,79	37,82	-50,79	54,25	46,56	34,97	-51,09	33,86	-51,09	47,63	368	161	393	159	393	342	285	218	396	219	396	287
Wabern	7.735	51,4	54,80	44,82	-40,97	41,33	-40,97	55,53	53,03	46,31	-40,88	43,16	-40,88	54,47	217	105	351	109	351	200	106	90	353	89	353	113
Wächtersbach	12.423	50,7	55,08	49,18	23,14	44,23	23,14	56,06	47,61	49,49	19,66	45,43	19,66	49,48	182	42	130	58	130	145	249	47	138	49	138	227
Wahlsburg	2.403	11,5	55,08	40,73	-64,07	38,96	-64,07	55,63	52,04	44,64	-64,08	42,16	-64,08	53,13	181	149	426	145	426	193	122	113	430	109	430	138
Waldbrunn (Westerwald)	6.126	29,8	56,66	5,11	-7,74	5,11	-7,74	56,67	51,10	17,42	-7,95	17,42	-7,95	51,10	46	342	206	342	206	97	150	346	207	344	207	187
Waldeck	7.798	115,7	54,85	-999	-43,50	-999	-43,50	54,85	45,44	8,79	-43,75	8,79	-43,75	45,44	211	400	361	400	361	280	319	370	366	370	366	343
Waldems	5.762	36,7	54,64	7,20	40,27	7,20	40,20	55,19	48,21	22,03	40,90	22,03	40,82	50,43	239	336	74	336	75	244	233	329	68	329	70	205
Waldkappel	4.970	96,5	53,99	27,80	-49,68	27,80	-49,68	54,01	41,69	34,79	-49,36	34,43	-49,36	42,05	320	257	388	255	388	358	393	221	389	212	389	404
Wald-Michelbach	11.548	74,3	53,89	6,75	11,67	6,75	11,67	53,90	41,72	14,02	10,65	14,02	10,65	41,76	332	337	153	337	153	366	392	360	153	360	153	408
Waldsolms	5.201	44,7	54,26	23,93	-1,16	23,44	-1,16	54,54	44,04	27,69	-0,91	27,11	-0,91	44,92	289	277	184	278	184	306	357	292	184	293	184	358
Walluf	5.725	6,7	55,65	54,27	44,87	48,22	44,69	57,84	56,12	52,13	45,19	47,07	44,99	58,32	114	6	41	5	42	47	55	21	38	25	41	47
Wanfried	4.491	46,9	54,92	-999	-55,79	-999	-55,79	54,92	46,29	-999	-55,83	-999	-55,83	46,29	204	400	417	400	417	268	294	409,5	420	409,5	420	324
Wartenberg	4.084	39,5	55,60	35,81	-24,21	35,10	-24,21	55,83	42,69	34,51	-24,29	33,61	-24,29	44,45	118	198	276	190	276	172	380	223	277	223	277	370
Wehretal	5.476	39,2	55,27	46,65	-52,09	42,35	-52,09	56,14	46,02	48,21	-52,02	44,80	-52,02	48,88	163	83	399	95	399	140	300	66	400	63	400	251
Wehrheim	9.293	38,3	53,19	36,02	15,16	35,19	15,16	53,54	46,64	34,10	16,55	33,13	16,55	47,20	399	196	148	189	148	396	282	229	149	232	149	296
Weilburg	13.812	57,5	55,24	31,10	-5,26	30,23	-5,26	55,56	50,69	33,90	-5,30	32,88	-5,30	51,54	168	242	195	243	195	198	161	232	196	233	196	179
Weilmünster	9.465	77,4	55,03	-2,91	-0,53	-2,91	-0,53	55,03	47,41	14,32	-0,72	14,32	-0,72	47,42	188	357	180	357	180	257	254	357	183	357	183	290
Weilrod	6.502	71,1	54,42	8,01	8,18	8,01	8,18	54,45	44,40	22,07	9,72	22,07	9,72	44,84	261	335	156	335	156	319	351	327	155	327	155	361
Weimar (Lahn)	6.995	47,1	54,93	47,45	-19,39	43,59	-19,39	55,85	50,67	45,67	-19,57	42,73	-19,57	51,85	203	70	251	70	251	170	162	102	254	99	254	170
Weinbach	4.774	37,7	54,55	18,63	-2,47	18,35	-2,47	54,77	48,29	27,31	-2,37	26,85	-2,37	48,79	246	301	186	302	186	290	228	296	188	296	188	253
Weißenborn	1.226	15,5	54,74	-999	-53,44	-999	-53,44	54,74	42,71	-999	-53,42	-999	-53,42	42,71	225	400	406	400	406	292	379	409,5	410	409,5	410	394
Weiterstadt	24.207	34,4	56,81	48,10	52,29	43,81	55,41	61,36	60,56	48,91	53,95	45,19	57,58	65,34	40	58	10	63	10	10	20	57	11	55	11	12
Wettenberg	12.393	42,9	54,28	32,55	-12,82	32,13	-12,82	54,45	49,56	38,18	-13,78	36,91	-13,78	50,21	284	231	227	228	227	321	188	187	230	184	230	214
Wetter (Hessen)	9.383	104,5	54,74	30,77	-26,93	30,02	-26,93	54,95	37,61	30,71	-27,38	30,09	-27,38	38,38	222	244	289	244	289	265	421	269	292	269	292	421
Wetzlar	52.649	75,6	56,55	39,63	-8,75	37,44	-8,75	56,82	55,63	43,09	-9,13	40,51	-9,13	56,06	50	160	210	165	210	86	63	128	213	134	213	86
Wiesbaden	273.060	203,9	56,50	36,78	45,01	34,80	45,84	57,66	56,64	43,58	44,79	40,80	45,93	58,20	52	185	40	195	37	55	49	126	42	126	38	53
Wildeck	5.226	39,9	56,61	51,22	-45,90	45,71	-45,90	57,92	55,92	49,03	-45,50	45,04	-45,50	56,98	48	22	371	25	371	45	59	55	371	56	371	66
Willingen (Upland)	6.656	80,3	53,97	34,58	-44,22	33,58	-44,22	54,42	40,11	31,70	-44,22	30,87	-44,22	42,07	323	210	365	210	365	324	406	258	367	262	367	403
Willingshausen	5.329	60,0	55,52	22,48	-29,88	22,48	-29,88	55,53	48,67	35,74	-29,58	35,32	-29,58	49,13	126	282	301	282	301	199	222	209	302	201	302	240
Witzenhausen	16.110	126,7	54,26	43,71	-56,34	40,74	-56,34	55,07	44,25	44,99	-56,22	42,14	-56,22	46,45	288	116	419	117	419	252	354	109	422	110	422	321
Wohratal	2.523	30,7	51,89	-999	-29,44	-999	-29,44	51,89	42,53	-999	-29,35	-999	-29,35	42,53	424	400	299	400	299	424	382	409,5	301	409,5	301	396
Wölfersheim	9.592	43,1	54,37	25,60	-0,74	25,29	-0,74	54,53	54,33	26,18	-0,97	25,81	-0,97	54,54	266	273	181	271	181	309	83	306	185	307	185	112
Wolfhagen	13.310	112,3	55,33	27,74	-48,39	27,36	-48,39	55,47	48,68	30,34	-48,23	29,43	-48,23	49,49	153	261	382	259	382	207	221	273	384	276	384	226
Wöllstadt	6.215	15,4	56,93	49,54	21,59	45,38	21,59	58,20	51,22	52,40	24,63	47,50	24,63	53,86	33	38	136	32	136	34	145	18	127	19	127	122
Zierenberg	6.827	86,5	55,95	37,71	-50,76	36,35	-50,76	56,27	50,11	32,27	-51,29	31,25	-51,29	50,60	93	174	392	178	392	129	174	253	397	254	397	203
Zwingenberg	7.011	5,6	57,58	55,31	38,95	49,37	38,95	59,40	60,62	52,62	40,60	47,96	40,59	61,88	16	2	82	1	82	19	18	17	73	16	73	27

Literaturverzeichnis

Anmerkung: Ohne Bundes-/Landesgesetze u. -verordnungen etc., die mit Stand November 2012 gelten.

Aachen (2007). *Bericht über die Lärmkartierung für die Stadt Aachen*. Aachen: Stadt Aachen.

Abraham, A., Sommerhalder, K., Bollinger-Salzmann, H. & Abel, T. (2007). *Landschaft und Gesundheit. Das Potential einer Verbindung zweier Konzepte.* Bern: Universität Bern.

ACCON (2007). *Lärmkartierung Hessen 2007 - Hauptverkehrsstraßen außerhalb der Ballungsräume - Ballungsräume Frankfurt am Main und Wiesbaden - Flughafen Frankfurt (Fraport). Abschlussbericht*. Greifenberg: Fa. ACCON GmbH Ingenieurbüro für Schall- und Schwingungstechnik.

Acta Acustica (2006). Recent Advances in Soundscape Research. In: *Acta Acustica united with Acustica*, 92(6), 857-1076.

AdV (2008). *Richtlinie über Gebühren für die Bereitstellung und Nutzung von Geobasisdaten der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV-Gebührenrichtlinie) vom 11. Dezember 2007*. München: Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). Internet: http://www.adv-online.de/icc/extdeu/broker.jsp?uMen=8997590f-9498-b11a-3b21-718a438ad1b2, letzter Zugriff 02.10.2012.

AGDW (2012). *Wald in Deutschland*. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Deutscher Waldbesitzerverbände e.V. (AGDW). Internet: http://www.agdw.org/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=_125, letzter Zugriff: 01.07.2012.

Ahrensburg (o.J.). *Lärmaktionsplanung Ahrensburg*. Hammorr: LAIRM CONSULT GmbH.

alta4 (2007). *ArcGIS Kartographie I. Beschriftung, Kartographie und Layout in ArcGIS optimal nutzen.* Trier: alta4 Geoinformatik AG.

Andersen, L. M., Mulligan, B. E., Goodman, L. S. & Regen, H. Z. (1983). Effects of Sounds on Preferences for Outdoor Settings. In: *Environment and Behavior*, 15(5), 539-566.

Ankre, R. (2007). *Understanding the visitor – a prerequisite for coastal zone planning*. Dissertation. Karlskrona: Blekinge Institute of Technology.

Ankre, R., Forsberg, L. P. & Emmelin, L. (2008). Silence – an article of short supply in outdoor recreation? Handling noise conflicts in Swedish planning. In: Raschi, A. & Trampetti, S. (Ed.), *Management for protection and sustainable development. The Fourth International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Proceedings*, 399-403. Firenze: Instituto di Biometeorologia.

ARE, BAG & BUWAL (2004). *Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2000.* Bern: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bundesamt für Gesundheit (BAG) und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).

ATKIS (2003). *ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK). Teil D0. Erläuterungen zu allen Teilkatalogen. Version 3.2. Stand 01.07.2003.* München: Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV).

ATKIS (2004). *ATKIS-Objektartenkatalog 250 (ATKIS-OK 250). Teil D3. Version x.x. Entwurf. Stand 01.04.2004.* München: Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV).

ATKIS (2008). *ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK). Aktueller Katalog.* München: Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). Internet: http://www.atkis.de, letzter Zugriff: 13.01.2008.

ATKIS (2009). *Amtliches Topographisch Kartographisches Informationssystem ATKIS. Produktstandard für digitale Geländemodelle ATKIS - DGM. Version 1.0.* München: Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV).

Aubrée, D., Marquis-Favre, C. & Premat, E. (2005). Noise and its Effects – A Review on Qualitative Aspects of Sound. Part II: Noise and Annoyance. In: *Acta Acustica united with Acustica*, 91(4), 626-642.

Axelsson, Ö. (2010). Standardization in Soundscape Research – Current and Future Perspectives. In: *Programmheft zur 36. Jahrestagung für Akustik – DAGA 2010, Berlin*, S. 45. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

Babisch, W. (2010). "Good Practice Guide" der Europäischen Umweltagentur zu den Wirkungen von Umweltlärm. In: *telegramm: umwelt+gesundheit*, (4), 1-2.

Babisch, W. (2011). Quantifizierung des Einflusses von Lärm auf Lebensqualität und Gesundheit. In: *Umwelt und Mensch – Informationsdienst (UMID)*, (1), 28-36.

Bäderverband (1955). Anti-Lärmbilanz der deutschen Heilbäder. In: *Heilbad und Kurort*, 11, o.S.

BAFU (2009a). *SonBase – die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz. Grundlagen.* Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).

BAFU (2009b). *Lärmbelastung in der Schweiz. Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings SonBase.* Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).

Baier, H., Erdmann, F., Holz, R. & Waterstraat, A. (2006). *Freiraum und Naturschutz*. Berlin: Springer.

Bartolomaeus, W. & Schade, L. (2006a). *Testaufgaben für die Überprüfung von Rechenprogrammen nach der „Vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen (VBUS)". TEST-VBUS-2006*. Dessau: Umweltbundesamt.

Bartolomaeus, W. & Schade, L. (2006b). VBUS und RLS-90. Wie unterscheidet sich die „Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen (VBUS)" von den „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90)"? In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 53(4), 115-116.

BASt (2007a). *Manuelle Straßenverkehrszählung 2005. Ergebnisse auf Bundesautobahnen. Sortiert nach Straße*. Stand: 02.04.2007. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

BASt (2007b). *Manuelle Straßenverkehrszählung 2005. Ergebnisse auf Bundesautobahnen. Sortiert nach Bundesland.* Stand: 02.04.2007. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

BASt (2007c). *Manuelle Straßenverkehrszählung 2005. Ergebnisse auf Bundesstraßen (freie Strecke). Sortiert nach Straße.* Stand: 02.04.2007. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

BASt (2007d). *Manuelle Straßenverkehrszählung 2005. Ergebnisse auf Bundesstraßen (freie Strecke). Sortiert nach Bundesland.* Stand: 02.04.2007. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

BASt (2011). *ASB Anweisung Straßeninformationsbank. Teilsystem Netzdaten. Version 2.02.* Stand: 09.03.2011. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

BAZL (2011). *Landschaftsruhezonen für die Luftfahrt: Konzept.* Bern: Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL).

BBC (2009). *Introduction to Save Our Sounds*. London: British Broadcasting Corporation (BBC).
Internet: http://www.bbc.co.uk/worldservice/specialreports/saveoursounds.shtml, letzter Zugriff: 01.06.2012.

Beckert, C. (2006). Stand der Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie in Deutschland. In: Lärmkontor (Hrsg.), *Das Gesetz zur Umsetzung der EG-Umgebungslärmrichtlinie - und was machen die Anderen?* Tagung in Hamburg 16. und 17. März 2006. Hamburg: Lärmkontor GmbH.

Beckmann, M., Durner, M., Mann, T. & Röckinghausen, M. (Hrsg.). (2012). *Landmann/Rohmer: Umweltrecht: UmweltR. In 4 Bänden Loseblatt-Kommentar.* München: Beck.

Berlin (2008). *Lärmminderungsplanung für Berlin - Materialien zum Aktionsplan. Bericht Ruhige Gebiete.* Kassel/Berlin: Planungsgruppe Nord Gesellschaft für Stadt- und Verkehrsplanung und CS Planungs- und Ingenieurgesellschaft.

BfN (2007). *Landschaftsplanung. Grundlage vorsorgenden Handelns*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN).

Bielenberg, W., Runkel, P. & Spannowsky, W. (Hrsg.). (2012). *Raumordnungs- und Landesplanungsrecht des Bundes und der Länder. Kommentar und Textsammlung.* Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Bing, M. (2008). Strategische Lärmkartierung. Beurteilung der strategischen Lärmkarten hinsichtlich Qualität und Nutzen. In: *UVP-Report*, 22(4), 160-167.

BKG (2005). *Digitales Geländemodell für Deutschland. DGM-D.* Stand der Dokumentation: 10.05.2005. Frankfurt: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG).

BKG (2006). *Rasterdaten. Topographische Geobasisdaten Deutschland.* Frankfurt: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG).

BKG (2009). *Auftragsbestätigung und Anerkennung der Nutzungsbedingungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG).* Schreiben vom 13.05.2009. Frankfurt: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG).

BKG (2010). *Neue Namen für DGM-Produkte*. Frankfurt: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG). Internet: http://www.bkg.bund.de/nn_147448/DE/Aktu/01Meldungen/M2010/2010__DGM_20mit_20__neuen_20Produktnamen.html__nnn=true, letzter Zugriff: 28.12.2011.

BKG (2011). *Vektordaten Bundesrepublik Deutschland. Verwaltungsgebiete 1 : 250 000 VG250 und VG250-EW.* Stand der Dokumentation: 23.05.2011. Frankfurt: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG).

BKG (2012). *GeoDatenZentrum. Digitale Geländemodelle.* Frankfurt: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG). Internet: https://upd.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz_rahmen.gdz_div, letzter Zugriff: 06.10.2012.

Blaschke, U. (2010). *Lärmminderungsplanung. Der Schutz vor Umgebungslärm durch Lärmkartierung und Lärmaktionsplanung*. Dissertation an der Bayrischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg 2009. Berlin: Duncker & Humblot.

BMU (2004). *Entwurf einer x-ten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Strategische Lärmkartierung – x. BImSchV). Entwurf. Stand: 07.12.2004.* Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

BMU (2005). *... Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung – ... BImSchV). Entwurf. Stand: 01.08.2005*. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

BMU (2009a). ASCOBANS Kleinwalschutzkonferenz in Bonn. In: *Umwelt*, (11), 849-851. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

BMU (2009b). Naturschutz und Gesundheit. Handlungsansätze und Perspektiven. In: *Umwelt*, (6), 483-486. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

BMU (2010). *Naturbewusstsein 2009. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

BMU & UBA (2010). *Umweltbewusstsein in Deutschland 2010. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage.* Berlin und Dessau-Rößlau: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und Umweltbundesamt (UBA).

BMVBS (2009). *Quantifizierung und Bewältigung entscheidungserheblicher Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Avifauna – Vögel und Straßenlärm.* Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

BMVBS (2010a). *Lärmsanierung an Bundesfernstraßen: Abgesenkte Auslösewerte. Schreiben vom 25.06.10, StB 25/722.4/3-2/1204896*. Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

BMVBS (2010b): *Lärmrelevanz und EU-Anforderungen. Erfordernisse, Abgrenzungs- und Anpassungsprozesse zum Lärmschutz*. Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

BMVBW (2003). *Bundesverkehrswegeplan 2003*. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW).

BMVg (2010). *Kein weiterer Bedarf für Übungsplatz Wittstock*. Pressemitteilung vom 21.04.2010. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung (BMVg).

BMWI (2010). *Grundlagenuntersuchung Freizeit und Urlaubsmarkt Wandern*. Forschungsbericht Nr. 591. Langfassung. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWI).

Bonacker, M., Heinrichs, E. & Schwedler, H.-U.: *Umgebungslärm, Aktionsplanung und Öffentlichkeitsbeteiligung – Ein Handbuch.* Berlin: Umweltbundesamt, Europäische Akademie für städtische Umwelt (EA.UE).

Bortz, J. & Döring, N. (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler.* Berlin: Springer.

Boshoff, A. F., Kerley, G. I. H., Landman, M. & Bradfield, M. (2006). *Profiles, Perceptions and Observations of Visitors to the ADDO Elephant National Park: 2004/2005.* Port Elizabeth: Nelson Mandela Metropolitan University.

Botteldooren, D., de Coensel, B., van Renterghem, T., Dekoninck, L. & Gillis, D. (2008). *The Urban Soundscape: A Different Perspective.* Gent: Universiteit Gent, Instituut voor Duurzame Mobiliteit.

Botteldooren, D. & de Coensel, B. (2006a). Quality labels for the quiet rural soundscape. In: *Proceedings of the 35th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Inter-Noise 2006), Honolulu, Hawai, USA*, 3493-3500. Washington, DC: Institute of Noise Control Engineering of the USA.

Botteldooren, D. & de Coensel, B. (2006b). Quality Assessment of Quiet Areas: a Multicriteria Approach. In: *Proceedings of Euronoise 2006, 6th European Conference on Noise Control, Tampere, Finland*, o.S. o.O.: o.V.

Brämer, R. (1997). *Was Jugendlichen die Natur bedeutet. Befunde des Seminars „Jugend ohne Natur?"*
Internet: www.natursoziologie.de, letzter Zugriff: 31.10.2009.

Brämer, R. (2002). *Wanderfreundliche Beherbergung. Was Gäste erwarten und Gastgeber bieten sollten.* Marburg: Deutsches Wanderinstitut.

Brämer, R. (2008). *Sehnsucht nach Stille. Natur als akustisches Reservat.*
Internet: www.natursoziologie.de, letzter Zugriff: 31.10.2009.

Brämer, R. & Richter, M. (2008). *Rehastudie Wandern. Therapeuten und Patienten zum Wert des Spazierens und Wanderns in der Rehabilitation.* Marburg: Deutsches Wanderinstitut.

Braunstein, G. & Wilhelm, K. (2005). Beeinflusst die EU-Umgebungslärmrichtlinie die Bewertungsmaßstäbe auf anderen Planungsebenen? In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 52(6), 196-197.

Breitsprecher, R., Calderwood-Schnorr, V., Morris, W. V. A., Terrell, P. (1983). *PONS-Globalwörterbuch Englisch-Deutsch*. Stuttgart: Klett.

Bremen (2007). *Ruhige Gebiete in Bremen. Flächenhafte Darstellung der Ergebnisse der Lärmkartierung 2007.* Bremen: Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa.

Brendle, U. (2011). Fragwürdiges „Städtelärmranking 2011". In: *Lärmbekämpfung*, 6(6), 225.

Brensing, K. (2009). Lärm im Meer. In: *Lärmbekämpfung*, 4(6), 229.

Brensing, K. (2010). Lärm im Meer – eine Belastung für Meeressäugetiere. In: *Lärmbekämpfung*, 5(3), 95-99.

Brewer, C. A. & Harrower, M. (2002). *ColorBrewer*. State College: Pennsylvania State University.
Internet: www.ColorBrewer.org, letzter Zugriff: 28.09.2012.

Brewer, C. A. & Harrower, M. (2009). *COLORBREWER 2.0 color advice for cartography*. State College: Pennsylvania State University. Internet: colorbrewer2.org, letzter Zugriff: 28.09.2012.

Brinkhoff, T. (2010). *City Population.* Oldenburg: Thomas Brinkhoff.
Internet: http://www.citypopulation.de, letzter Zugriff: 07.10.2010.

Brockhaus (2006). *Brockhaus Enzyklopädie in 30 Bänden.* Leipzig: F. A. Brockhaus.

Brüggemann, J. (2009). Healthy parks, healthy people: Müritz National Park, Germany. In: Stolton, S. (Ed.). *Communicating values and benefits of protected areas in Europe*, 44-46. Vilm: Bundesamt für Naturschutz.

Brüning, H. & Heidebrunn, F. (2008). Die Minderung von Umgebungslärm – gut investiertes Geld. Erfahrungen mit Kostenwirksamkeitsanalysen und Kosten-Nutzen-Analysen beim Lärmaktionsplan Norderstedt. In: *UVP-Report*, 22(4), 188-194.

BUND (2006). *Stellungnahme zum Regionalplanentwurf Nordhessen 2006.* Frankfurt am Main: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND).

BUND (2011). *Zukunftsfähige Kommune. Wie der BUND Nachhaltigkeit in die Stadt bringt.* Berlin: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND).

BW (2011). *Strategie für einen lärmarmen Verdichtungsraum. Leitfaden zur Aufstellung von Lärmaktionsplänen in interkommunaler Zusammenarbeit.* Stuttgart: Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (BW).

Cancik, P. (2007). Aktionspläne zur Lärmminderung – effektives Instrument oder „Aktionismus"? In: *Zeitschrift für Umweltrecht*, 18(4), 169-176.

Cancik, P. (2008). Umweltrechtliche Aktionspläne in der Bauleitplanung – eine Annäherung an Probleme der Verzahnung von Planungsinstrumenten. In: *Deutsches Verwaltungsblatt*, 123(9), 546-555.

CBS, PBL & Wageningen UR (2012). *Stiltegebieden in Nederland, 2008*. Den Haag und Wageningen: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) und Wageningen UR. Internet: http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0498-Stiltegebieden-in-Nederland.html, letzter Zugriff: 19.06.2012.

Claßen, T. (2008). *Naturschutz und vorsorgender Gesundheitsschutz: Synergie oder Konkurrenz? Identifikation gemeinsamer Handlungsfelder im Kontext gegenwärtiger Paradigmenwechsel.* Dissertation. Bonn: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität.

Condorachi, D. (2009). Urban noise mapping in Romania - preliminary results for Iasi city. In: *Fortschritte der Akustik – NAG/DAGA 2009, International Conference on Acoustics including the 35th German Annual Conference on Acoustics, Rotterdam,* 1401-1402. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

Court of Appeals (2002). *United States Court of Appeals FOR THE DISTRICT OF COLUMBIA CIRCUIT. Argued May 9, 2002, Decided August 16, 2002. No. 00-1201. United States Air Tour Association, et al., Petitioners v. Federal Aviation Administration, et al., Respondents Grand Canyon Trust, et al., Intervenors.* Washington, DC: United States Court of Appeals for the District of Columbia Circuit.

CPRE (1995). *what are Tranquil Areas?* London: Campaign to Protect Rural England (CPRE).

CPRE (2005). *Mapping Tranquillity. Defining and assesseing a valuable resource.* London: Campaign to Protect Rural England (CPRE).

DADINA (2008a). *Liniennetzplan Straßenbahn*. Darmstadt: Darmstadt-Dieburger-Nahverkehrsorganisation (DADINA). Internet: http://www.dadina.de/fahrplaene/strassenbahn.html, letzter Zugriff: 04.12.2011.

DADINA (2008b). *Fahrpläne. Straßenbahn*. Darmstadt: Darmstadt-Dieburger-Nahverkehrsorganisation (DADINA). Internet: http://www.dadina.de/fahrplaene/strassenbahn.html, letzter Zugriff: 04.12.2011.

Daig, I. & Lehmann, A. (2007). Verfahren zur Messung der Lebensqualität. In: *Zeitschrift für Medizinische Psychologie*, 16(1-2), 5-23.

DataKustik (2007). *Handbuch CadnaA*. Greifenberg: DataKustik GmbH.

DataKustik (2009). *Lärmdatenbank Schweiz.* Greifenberg: DataKustik GmbH.
Internet: http://www.datakustik.com/de/produkte/CadnaA/warum-CadnaA/success-stories/#3839/, letzter Zugriff: 27.11.2009.

Davidson, H. (2008). *Ruhe, oder ohne Lärm. Wie verhält es sich mit dem Lärm in "Stiltegebieden"*. Arnheim: Provinz Gelderland.

DEFRA (2005). *The Research Project NANR 93: WG-AEN's Good Practice Guide And The Implications For Acoustic Accuracy. Final Report. Executive Summary.* London: Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA).

DEFRA (2006). *Research into quiet areas. Recommendations for identification.* London: Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA).

DELTA (2007). *The "Genlyd®" Noise Annoyance Model. Dose-Response Relationships Modelled by Logistic Functions.* Hørsholm: Danish Electronics, Light & Acoustics (DELTA).

DESTATIS (2006a). *Auszug aus dem Gemeindeverzeichnis. Städte in Deutschland nach Fläche und Bevölkerung. Gebietsstand: 31.12.2006*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

DESTATIS (2006b). *Im Blickpunkt – Verkehr in Deutschland 2006.* Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

DESTATIS (2007). *Verkehr. Eisenbahnverkehr. Betriebsdaten des Schienenverkehrs (aktualisiert um Daten zur Schienennetzfrequentierung) 2005.* Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

DESTATIS (2008). *Länderprofil. G-20 Industrie- und Schwellenländer. Vereinigte Staaten von Amerika. Ausgabe 2008*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

DESTATIS (2009). *Statistisches Jahrbuch 2009.* Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

DESTATIS (2011). *Statistisches Jahrbuch 2011.* Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

DESTATIS (2012a). *Geräte, Anschlüsse und Internetzugang in Privathaushalten: Deutschland, Früheres Bundesgebiet/Neue Länder, Jahre. Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT).* Online-Abfrage am 01.06.2012. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: www.destatis.de/, letzter Zugriff: 01.06.2012.

DESTATIS (2012b). *Verkehr. Eisenbahnverkehr. Betriebsdaten des Schienenverkehrs (mit Daten zur Schienennetzfrequentierung) 2010.* Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Deutsche Bahn (2008a). *Kursbuch A: Fernverbindungen.* Frankfurt am Main: DB Vertrieb GmbH.

Deutsche Bahn (2008b). *Kursbuch E: Regionalverbindungen Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland.* Frankfurt am Main: DB Vertrieb GmbH.

Deutsche Bahn (2008c). *Fahrplan & Buchung. Ihre persönlichen Fahrplanservices. Persönlicher Fahrplan.* Frankfurt am Main: DB Vertrieb GmbH.
Internet: http://persoenlicherfahrplan.bahn.de/bin/pf/query-p2w.exe/dn, letzter Zugriff: 04.12.2011.

Deutsche Bahn (2008d). *ICE-Netz 2008.* Frankfurt am Main: DB Fernverkehr AG.

Deutsche Bahn (2008e). *EC-/IC-Netz 2008.* Frankfurt am Main: DB Fernverkehr AG.

Deutsche Bahn (2008f). L*iniennetzplan Nahverkehr Niedersachsen/Bremen.* Hannover: DB Regio AG, Region Nord.

Deutsche Bahn (2008g). *Streckennetz Sachsen – Sachsen-Anhalt – Thüringen.* Leipzig: DB Regio AG, Region Südost.

Deutsche Bahn (2008h). *Streckenkarte Bayern.* München: DB Regio AG, Region Bayern.

Deutsche Bahn (2008i). *Streckenkarte Baden-Württemberg-Ticket.* Mannheim: DB Regio AG, Region RheinNeckar.

Deutsche Bahn (2008j). L*iniennetz Regionalverkehr Rheinland-Pfalz/Saarland.* Mainz: DB Regio AG, Region Südwest.

Deutsche Bahn (2008k). *Regionalverkehr Nordrhein-Westfalen 2008.* Hannover: DB Regio AG, Region Nord.

Deutsche Bahn (2008l). *Streckenkarte Hessen.* Frankfurt am Main: DB Regio AG, Region Hessen.

Deutsche Bahn (2008m). *Persönliche Mitteilung.* Berlin: DB Umweltzentrum.

de Vos, P. H. (2009). An estimate of the global exposure to environmental noise. In: *Fortschritte der Akustik – NAG/DAGA 2009, International Conference on Acoustics including the 35th German Annual Conference on Acoustics, Rotterdam*, 1398-1400. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

DHV & DTV (2005). *Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für die Prädikatisierung von Kurorten, Erholungsorten und Heilbrunnen*. Bonn: Deutscher Heilbäderverband e.V. (DHV) und Deutscher Tourismusverband e.V. (DTV).

Dillerup, R. & Stoi, R. (2011). *Unternehmensführung*. München: Vahlen.

DIN 18005-1, Beiblatt 1 (1987). *Beiblatt 1 zu DIN 18 005 Teil 1. Schallschutz im Städtebau. Berechnungsverfahren. Schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung*. Mai 1987. Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 18005-2 (1991). *DIN 18 005 Teil 2. Schallschutz im Städtebau. Lärmkarten – Kartenmäßige Darstellung von Schallimmissionen*. September 1991. Berlin: Beuth-Verlag.

DIN ISO 9613-2 (1999). *DIN ISO 9613-2. Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren (ISO 9613-2:1996)*. Oktober 1999. Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 45682 (2002). *DIN 45682. Schallimmissionspläne.* September 2002. Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 45687 (2002). *DIN 45687. Akustik. Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschimmission im Freien. Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen.* März 2002. Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 1320 (2009). *Akustik – Begriffe.* Dezember 2009. Berlin: Beuth-Verlag.

Drucksache 15/3782 (2004). *Deutscher Bundestag, 15. Wahlperiode. Gesetzentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der EG-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm.* Berlin: Deutscher Bundestag.

Drucksache 16/7798 (2008). *Deutscher Bundestag, 16. Wahlperiode. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Lutz Heilmann, Eva Bulling-Schröter, Hans-Kurt Hill, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. – Drucksache 16/7657 – Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie.* Berlin: Deutscher Bundestag.

Duden (2009). *Die deutsche Rechtschreibung. Band 1.* Mannheim: Bibliographisches Institut.

Duden (2011a). *Deutsches Universalwörterbuch.* Mannheim: Bibliographisches Institut.

Duden (2011b). *Richtiges und gutes Deutsch. Das Wörterbuch der sprachlichen Zweifelsfälle*. Mannheim: Bibliographisches Institut.

EBA (2004). *Hinweise zur ökologischen Wirkungsprognose in UVP, LBP und FFH-Verträglichkeitsprüfungen bei Aus- und Neubaumaßnahmen von Eisenbahnen des Bundes.* Bonn: Eisenbahnbundesamt (EBA).

EBA (2011). *Lärmkarten überarbeitet. Ergänzung um die so genannten parallelen Strecken*. Stand: 01.12.2008. Bonn: Eisenbahnbundesamt (EBA). Internet: http://www.eba.bund.de/cln_031/nn_485168/SharedDocs/_Standardartikel/DE/Infothek/Laerm__Aktuelles/2008__12__01.html, letzter Zugriff: 03.12.2011.

Eikmann, T. & Herr, C. (2006). Die Bedeutung der Umweltexposition für die Abschätzung (umwelt-) medizinisch relevanter Gesundheitsrisiken. In: *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 11(3), 129-130.

Eisenach (2009). *Lärmaktionsplan Eisenach - Hauptverkehrsstraßen Stufe 1. Entwurf, Stand: 04. Juni 2009.* Erfurt: INVER - Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen GmbH.

Ellert & Richter (2012). *Reisen. Stille Winkel. Stille Winkel in …* Hamburg: Ellert & Richter Verlag.
Internet: www.ellert-richter.de/winkel.php, letzter Zugriff: 01.06.2012.

Elsner (2008). *Der Elsner 2008. Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen. Planung - Bau - Erhaltung - Verkehr - Betrieb.* Dieburg: Otto Elsner Verlagsgesellschaft.

Engnath, V. & Koch, W. G. (2001). Lärmkarten. In: Braun, G., Buzin, R. & Wintges, T. (Hrsg.). *GIS und Kartographie im Umweltbereich: Grundlagen, Anwendungen, Trends.* Heidelberg: Wichmann.

EPA (1978). *Noise: A Health Problem.* Washington, DC: United States Environmental Protection Agency (EPA).

EPoN (2010). *Good practice guide on noise exposure and potential health effects.* EEA Technical report No 11/2010. Bearbeitet durch: Expert Panel on Noise (EPoN). Copenhagen: European Environmental Agency (EEA).

Esswein, H. & Schwarz-v. Raumer, H.-G. (2004). *Darstellung und Analyse der Landschaftszerschneidung in Bayern. Teil 2: Lärmbelastung. Endbericht. (Oktober 2004).* Stuttgart: Universität Stuttgart, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie.

EU (1996). *Künftige Lärmschutzpolitik. Grünbuch der Europäischen Kommission.* Brüssel: Europäische Kommission.

EU (2002). *Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance.* Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

EU (2009a). *Population exposure to noise from different sources in Europe.* Stand: 31.10.2009. Bellaterra: European Topic Center on Land Use and Spatial Information.

EU (2009b). *Noise pollution in the Mediterranean.* Brüssel: Directorate-General for Research, European Commission. Internet: http://ec.europa.eu/research/star/index_en_cfm?p=315, letzter Zugriff: 27.10.2009.

EU (2010). Implementation of Noise Directive needs harmonizing. In: *Science for Environment Policy, European Commission DG Environment News Alert Service*, 192, 1. Bristol: The University of the West of England.

EU (2011). *Bericht der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat über die Durchführung der Richtlinie über Umgebungslärm gemäß Artikel 11 der Richtlinie 2002/49/EG.* KOM(2011) 321 endgültig. Brüssel: Europäische Kommission.

EU (2012). *European Commission – Environment – Noise*. Brüssel: Europäische Kommission.
Internet: ec.europa.eu/environment/noise , letzter Zugriff: 15.09.2012.

eurostat (2007). *Europa in Zahlen. Eurostat Jahrbuch 2006/2007.* Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.

eurostat (2009). *Europa in Zahlen. Eurostat Jahrbuch 2009.* Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.

eurostat (2010). *Europa in Zahlen. Eurostat Jahrbuch 2010.* Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.

Felscher-Suhr, U., Guski, R. & Schuemer, R. (2000). Internationale Standardisierungsbestrebungen zur Erhebung von Lärmbelästigungen. In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 47(2), 67-68.

FICAN (2005). *Assessment of Tools for Modeling Aircraft Noise in the National Parks.* Burlington: Federal Interagency Committee on Aircraft Noise (FICAN).

Flade, A. (2008). *Architektur psychologisch betrachtet.* Bern: Huber-Verlag.

Flade, A. (2010). *Natur psychologisch betrachtet.* Bern: Huber-Verlag.

Fleischer, G. (1978). Argumente für die Berücksichtigung der Ruhe in der Lärmbekämpfung. In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 25(3), 69-74.

Fleischer, G. (1979). Vorschlag für die Bewertung von Lärm und Ruhe. In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 26(5), 129-134.

Flick, U., von Kardorff, E. & Steinke, I. (Hrsg.). (2005). *Qualitative Forschung. Ein Handbuch.* Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

Förderkreis Raum der Stille in Berlin e.V. (o.J.). *Stille im Brandenburger Tor*. Berlin: Förderkreis Raum der Stille in Berlin e.V.

Fürst, D. & Scholles, F. (Hrsg.). (2008). *Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung*. Dortmund: Verlag Dorothea Rohn.

Garniel, A., Daunicht, W. D., Mierwald, U. & Ojowski, U. (2007). *Vögel und Verkehrslärm. Quantifizierung und Bewältigung entscheidungserheblicher Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Avifauna.* Kiel: Kieler Institut für Landschaftsökologie.

GDI (2007). *Modellprojekt „Bereitstellung von Schutzgebietsinformationen". Abschlussbericht zur Realisierungsstufe 1 – Ein Beitrag zum Aufbau einer Geodateninfrastruktur in Deutschland.* Frankfurt: Geschäfts- und Koordinierungsstelle GDI-DE.

GEERS-Stiftung (2011). *Städtelärmranking 2011: Hannover ist die lauteste Stadt, Münster ist die leiseste Stadt Deutschlands.* Essen: GEERS-Stiftung.

Genuit, K. & Fiebig, A. (2008). Anmerkungen zur Lärmkartierung im Zuge der Umgebungslärmrichtlinie. In: *Lärmbekämpfung*, 3(4), 151-156.

Genuit, K. (2010). Quo Vadis Psychoakustik? Potential und Limitation einer Disziplin zwischen den Disziplinen. In: *Fortschritte der Akustik – DAGA 2010, 36. Jahrestagung für Akustik, Berlin*, o.S. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

Gezondheidsraad (2006). *Stille gebieden en gezondheid.* Den Haag: Gezondheidsraad, Health Council of the Netherlands.

Gezondheidsraad & RMNO (2004). *Nature and Health. The influence of nature on social, psychological and physical well-being.* The Hague: Gezondheidsraad, Health Council of the Netherlands.

Giering, K. (2009). Monetäre Bewertung des Straßenverkehrslärms für Deutschland. In: *Lärmbekämpfung*, 4(5), 200-203.

Gotha (2008). *Lärmaktionsplan für die Stadt Gotha. Zwischenbericht.* Dresden/Berlin: Planungsbüro Dr.-Ing. Ditmar Hunger Stadt - Verkehr - Umwelt SVU.

GPM & Gessler, M. (2010). *Kompetenzbasiertes Projektmanagement (PM3). Handbuch für die Projektarbeit, Qualifizierung und Zertifizierung auf Basis der IPMA Competence Baseline Version 3.0/ unter Mitwirkung der spm swiss project management association.* Nürnberg: GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e. V.

Greenpeace (2003). *Unterwasserlärm im Ozean. Bohrinseln, Schiffslärm und Sonar – Wale im Dauerstress.* Hamburg: Greenpeace.

Grün, A. (2008). *In die Stille finden. Mönchische Erfahrungen für den Alltag*. München: Claudius Verlag.

Guski, R. (1987). *Lärm: Wirkungen unerwünschter Geräusche.* Bern: Huber.

Guski, R. (1988). Können Ruhepausen im Lärm wahrgenommen werden? In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 35(3), 69-73.

Hamburg (2008). *Leitfaden zur Aufstellung des Lärmaktionsplans*. Aachen/Berlin: Planungsbüro Richter-Richard.

Hansmann, K. (2005a). Kommentar zu § 47a BImSchG. In: Beckmann, M. (Hrsg.) *Landmann/Rohmer: Umweltrecht. Band I. Bundes-Immissionsschutzgesetz.* München: Beck.

Hansmann, K. (2005b). Kommentar zu § 47d BImSchG. In: Beckmann, M. (Hrsg.) *Landmann/Rohmer: Umweltrecht. Band I. Bundes-Immissionsschutzgesetz.* München: Beck.

HARMONOISE (2005). *Technical Report HAR32TR-040922-DGMR20. Harmonoise WP 3 Engineering method for road traffic and railway noise after validation and fine-tuning*. Arnheim: DGRM. Internet: www.harmonoise.org. Die Seite ist seit etwa Anfang 2012 nicht mehr aufrufbar. Letzter Zugriff: 14.07.2011.

Harrower, M. & Brewer, C. A. (2003). ColorBrewer.org: An Online Tool for Selecting Colour Schemes for Maps. In: *The Cartographic Journal*, 40(1), 27-37.

Hartog van Banda, E. & Stapelfeldt, H. (2005). Implementing Prediction Standards in Calculation Software – the Various Sources of Uncertainty. In: *Proceedings of Forum Acusticum 2005*, o.S. Budapest: o.V.

Hattersheim (2012). *Beauftragte der Stadt Hattersheim am Main*. Hattersheim: Stadt Hattersheim. Internet: http://www.hattersheim.de/gremien_vertretungen/beauftragte/index.html, letzter Zugriff: 16.03.2012.

Haverkamp, M. (2009). *Synästhetisches Design. Kreative Produktentwicklung für alle Sinne.* München: Hanser.

Henn, H., Sinambari, G. R., Fallen, M. (1999). *Ingenieurakustik. Grundlagen, Anwendungen, Verfahren*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.

Hepworth, P. (2006). Accuracy implications of computerized noise predictions for environmental noise mapping. In: *Proceedings of the 35th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Inter-Noise 2006), Honolulu, Hawai, USA*, 3586-3591. Washington, DC: Institute of Noise Control Engineering of the USA.

Hepworth, P., Trow, J. & Hii, V. (2006a). User Controlled Settings in Noise Mapping Software – The Effects on Calculation Speed and Accuracy. In: *Proceedings of Euronoise 2006, 6th European Conference on Noise Control, Tampere, Finland*, o.S. o.O.: o.V.

Hepworth, P., Trow, J. & Hii, V. (2006b). Reference Settings in Noise Mapping Software – A Comparision of the Speed of Calculation for Different Software. In: *Proceedings of Euronoise 2006, 6th European Conference on Noise Control, Tampere, Finland*, o.S. o.O.: o.V.

Hessen (1974). *Lärm-Übersichtskarte Hessen*. Wiesbaden: Hessischer Minister für Landwirtschaft und Umwelt.

Hessen-Forst (2009). *Kartierungserläuterung. Auszug aus der Technischen Richtlinie zur Forsteinrichtung 2004. Metadaten zu GIS-Daten.* Gießen: Hessen-Forst.

Hintzsche, M. (2008). *Umgebungslärmrichtlinie. Stand der Lärmkartierung in Deutschland.* Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt.

HLBG (2008). *Produktkatalog Heft 4. Digitale Geobasisdaten.* Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG).

HLBG (2011a). *Produktkatalog Heft 4. Digitale Geobasisdaten.* Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG).

HLBG (2011b). *Landesweites Laserscanning Hessen.* Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG).

HLfU (1983). *Innerstädtische Ruhegebiete für die Erholung. Der Lärm im Erholungsraum Wohnumfeld, Auffindung von Ruhegebieten und Möglichkeiten der Zurückgewinnung von Ruhe – aufgezeigt am Beispiel Frankfurt/Main.* Wiesbaden: Hessische Landesanstalt für Umwelt (HLfU).

HLfU (1984). *Lärm und Ruhe in Kurorten. Aufgezeigt am Beispiel von Bad Soden a. Ts.* Wiesbaden: Hessische Landesanstalt für Umwelt (HLfU).

HLSV (2008). *Leistungsbericht 2006/2007.* Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen (HLSV).

HLUG (2008). *Vereinbarung Nr. 22 2008 0044 zur Überlassung von Daten des Landes Hessen.* Schreiben vom 10.04.2008. Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG).

HMUELV (2012). *Der Wald in Hessen – ein Überblick*. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV). Internet: http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?uid=a1b07118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d, letzter Zugriff: 01.07.2012.

HMWVL (2011). Sichtweisen der Straßen- und Verkehrsverwaltung. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL), Wiesbaden. In: *Dokumentation zur Fachveranstaltung „Lärmaktionsplanung in Hessen für den Straßenverkehr" am 8. Februar 2011*. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz & Umweltallianz.

Holzgang, O., Sieber, U., Heynen, D., von Lerber, F., Keller, V. & Pfister, H. P. (2000). *Wildtiere und Verkehr – eine kommentierte Bibliographie*. Sempach: Schweizerische Vogelwarte.

Hopp, H. & Göbel, A. (2008). *Management in der öffentlichen Verwaltung*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

HST (2010). *Landesdaten. Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte des Landes Hessen*. Wiesbaden: Hessisches Statistisches Landesamt. Internet: http://www.statistik-hessen.de, letzter Zugriff: 27.08.2010.

Hünnekens, G. & Wittmann, A. (2007). Die Umsetzung und Anwendung des europäischen Umweltrechts in Deutschland. In: *Umwelt und Planungsrecht*, 27(3), 91-95.

Hunziker, M. & Bauer, N. (Eds.). (2009). *Health and Recreation in Forest and Landscape. Challenges, theories, empirical studies, and practical solutions. Abstracts.* International conference, April 1st to 3rd, 2009. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL.

IBP (2011). *Städtelärmranking 2011 – Die lautesten Großstädte Deutschlands. Bericht zur Studie der GEERS-Stiftung*. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP).

IGVR (2003). *Integrierte Gesamtverkehrsplanung NRW. Situationsanalyse*. Düsseldorf: Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein- Westfalen.

IGVR (2005a). *Integrierte Gesamtverkehrsplanung NRW. Bewertungssystem und -methodik. Version 2.0*. Düsseldorf: Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein- Westfalen.

IGVR (2005b). *Integrierte Gesamtverkehrsplanung NRW. Szenarienbewertung. Version 2.0.* Düsseldorf: Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.

IMAGINE (2004). *Review of data needs for road noise source modeling. Internal report WP2: Demand and traffic flow management.* Vught: M+P Raadgevende ingenieurs bv.

IMAGINE (2006). *Determination of L_{den} and L_{night} using measurements.* 8th Draft 06-01-11. Internet: www.imagine.org. Die Seite ist seit etwa Anfang 2012 nicht mehr aufrufbar. Letzter Zugriff: 14.07.2011.

IMAS (2001). *Urlaub '01: Buntheit und neue Eindrücke stehen hoch im Kurs.* IMAS-Report Nr. 15. Linz: IMAS-International.

IONC (2010). *International Ocean Noise Coalition* (IONC). Washington, DC: Animal Welfare Institute. Internet: http://www.awionline.org/content/international-ocean-noise-coalition, letzter Zugriff: 03.05.2010.

ISO 1996-2 (1987). ISO 1996-2. *Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 2: Acquisition of data pertinent to land use*. Genf: ISO copyright office.

ISO/FDIS 1996-1:2003(E). *Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures*. Genf: ISO copyright office.

ISO/TS 15666 (2003). *ISO/TS 15666:2003(E). Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.* Genf: ISO copyright office.

IVU (2000). *Emissionskataster für den Straßenverkehr 1995 auf der Basis von ATKIS-Daten. Endbericht.* Sexau: IVU Umwelt GmbH.

Jäschke, M. (2007). *Definition und Kartierung Ruhiger Gebiete – Vorschläge zum Vollzug der EG-Umgebungslärm-Richtlinie*. Diplomarbeit im Weiterbildenden Fernstudiengang Angewandte Umweltwissenschaften. Koblenz: Universität Koblenz-Landau.

Jäschke, M. (2008). *Fragebogen zu Ruhe und Stille sowie Ruhigen Gebieten und Lärmbelästigungen.* Unveröffentlicht. Wiesbaden: Martin Jäschke.

Jäschke, M. (2010). Lärmkartierung und Ruhige Gebiete. In: *Fortschritte der Akustik – DAGA 2010, 36. Jahrestagung für Akustik, Berlin*, 685-686. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

Jäschke, M. (2011a). Lärmkartierung – Flop oder Top. In: *Fortschritte der Akustik – DAGA 2011, 37. Jahrestagung für Akustik, Düsseldorf*, 309-310. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

Jäschke, M. (2011b). *Die Umsetzung der EG-Umgebungslärm-Richtlinie: organisationspsychologische und psychologische Implikationen*. Masterarbeit am weiterbildenden Masterstudiengang Arbeits- und Organisationspsychologie. Hagen: FernUniversität Hagen.

Jäschke, M. (2011c). *Effektive und effiziente Lärmkarten.* Unveröffentlichtes Manuskript. Wiesbaden: Martin Jäschke.

Jäschke, M. (2012). Wer ist die lauteste im ganzen Land? – Ranking aller 430 Gemeinden Hessens. In: *Fortschritte der Akustik – DAGA 2012, 38. Jahrestagung für Akustik, Darmstadt*, 299-300. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

JRC (2008). *Final Report on Assessment of the equivalence of national noise mapping methods against the interim methods.* Brüssel: European Commission Joint Research Center (JRC).

JRC (2010). *Draft JRC Reference Report on Common NOise ASSessment MethOdS in EU (CNOSSOS-EU).* Version 2d, 28 May 2010. Brüssel: European Commission Joint Research Center (JRC).

Juran, J. M. & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's Quality Handbook*. New York: McGraw-Hill.

Kabat-Zinn, J. (1998). *Im Alltag Ruhe finden. Das umfassende praktische Meditationsprogramm*. Freiburg: Herder.

Kang, J. (2007). *Urban Sound Environment.* London: Taylor & Francis.

Karvinen, P. A. & Savola, A. (2004). *Oases of Quietness in the Satakunta Region.* Mariehamn: Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting.

Kathmann, T., Ziegler, H. & Thomas, B. (2009). *Straßenverkehrszählung 2005. Methodik.* Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

KGSt (2008). *Bundesweite Internetbefragung zur Messung der Bürgerzufriedenheit mit den kommunalen Grünflächen. Abschlussbericht*. Köln: Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement (KGSt).

Kiel (2008). *Aktionsplan gem. § 47d Bundes-Immissionsschutzgesetz der Landeshauptstadt Kiel.* Kiel: Landeshauptstadt.

Kihlman, T. (2002). *Possible and impossible goals for soundscapes in cities.* Wien: International SYLVIE-Conference.

Klæboe, R., Kolbenstvedt, M. & Fyhri, A. (2005). The Impact of an Adverse Neighbourhood Soundscape on Road Traffic Noise Annoyance. In: *Acta Acustica united with Acustica*, 91(6), 1039-1050.

Kloepfer, M., Griefhahn, B., Kaniowski, A. M., Klepper, G., Lingner, S., Steinebach, G., Weyer, H. W. & Wysk, P. (2006). *Leben mit Lärm? Risikobeurteilung und Regulation des Umgebungslärms im Verkehrsbereich.* Berlin: Springer.

Kment, M. (2011). *Öffentliches Baurecht. Band I: Bauplanungsrecht.* München: Beck.

Koisser, H. (2007). *Die Rückeroberung der Stille. Auswege aus Stress und Reizüberflutung*. Wien: Orac.

Krause, M. (1978). Messung der Ruhe. In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 25(3), 75-80.

Kreienbrock, L. & Schach, S. (2005). *Epidemiologische Methoden*. Heidelberg: Spektrum.

Kromrey, H. (2006). *Empirische Sozialforschung.* Stuttgart: Lucius und Lucius.

Kubicek, H., Lippa, B., Westholm, H. (2009). *Medienmix in der Bürgerbeteiligung. Die Integration von Online-Elementen in Beteiligungsverfahren auf lokaler Ebene*. Berlin: edition sigma.

Kutsch, H. B. (2007). *Repräsentativität in der Online-Marktforschung: Lösungsansätze zur Reduktion von Verzerrungen bei Befragungen im Internet*. Köln: Josef Eul Verlag.

KVG (2008). *Fahrpläne der RegioTrams in Kassel und Umgebung*. Kassel: Kasseler Verkehrs-Gesellschaft (KVG). Internet: http://www.kvg.de/index.php?id=759, letzter Zugriff: 04.12.2011.

LAI (2009). *LAI-Hinweise zur Lärmaktionsplanung in der Fassung vom 25. März 2009.* o.O.: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz.

LAI (2010). *Bericht über die Erfahrungen aus dem Vollzug der ersten Phase der Lärmkartierung und -aktionsplanung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz unter Einbindung der kommunalen Ebene und Vorschlag für die Gestaltung der zweiten Phase erarbeitet durch den Ad-hoc-Arbeitskreis „Vollzugserfahrungen mit der Lärmminderungsplanung" des LAI-Ausschusses „Physikalische Einwirkungen"*. o.O.: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz.

LAI (2011). *LAI-Hinweise zur Lärmkartierung in der Fassung des Beschlusses der 121. Sitzung des LAI vom 2. bis 3. März 2011.* o.O.: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz.

Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung*. Weinheim: Beltz.

Landkreis Rügen (2012). *Verordnung über das Landschaftsschutzgebiet „Südwest-Rügen-Zudar" vom 18.01.2010.* Bergen auf Rügen: Landkreis Rügen.

Lärmkontor (2002). *Die Umgebungslärmrichtlinie der EU – und ihre Bedeutung für Bund, Länder und Gemeinden.* Tagung am 19. und 20. September 2002 in Hamburg. Hamburg: Lärmkontor GmbH.

Lärmkontor (2003). *Die Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie in deutsches Recht – zum Stand der Dinge.* Tagung am 18. und 19. September 2003 in Magdeburg. Hamburg: Lärmkontor GmbH.

Lärmkontor (2005). *Lärmminderungs- und Luftreinhalteplanung in Deutschland.* Tagung am 24. und 25. Februar 2005 in Hamburg. Hamburg: Lärmkontor GmbH.

Lärmkontor (2006). *Das Gesetz zur Umsetzung der EG-Umgebungslärmrichtlinie – und was machen die Anderen?* Tagung am 16. und 17. März 2006 in Hamburg. Hamburg: Lärmkontor GmbH.

Lärmschutz-Richtlinien-StV (2007). Richtlinien für straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor Lärm. In: *Verkehrsblatt*, 24, 767-771. Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

Lawrence, R. J. (2002). Healthy Residential Environments. In: Bechtel, R. B. & Churchman, A. (Ed.). *Handbook of Environmental Psychology*, 394-412. Chichester: Wiley.

Lensing, N. (2005). *Straßenverkehrszählung 2000. Methodik.* Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

Lechner, C. (2009). *Forum Schall – Ringversuch 2008. Vergleichsberechnungen für Umgebungslärm*. Wien: Umweltbundesamt.

Leipzig (2011). *Zusammenfassung der Ergebnisse der Bürgerbeteiligung mit dem Online-Forum zum Entwurf des Lärmaktionsplans der Stadt Leipzig 2011*. Leipzig: Stadt Leipzig.

Lercher, P. & Schulte-Fortkamp, B. (2003). Die Relevanz der Soundscape-Forschung für die Bewertung von Lärmbelästigung im kommunalen Bereich. In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 50(5), 179-185.

Lewke, H. (2011). Lärmkartierung 2012. Wie geht das LUNG vor? In: *Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie in Mecklenburg-Vorpommern. Seminarunterlagen zur Informationsveranstaltung am 27.09.2011 in Güstrow*, 40-64. Güstrow: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie in Mecklenburg-Vorpommern (LUNG).

LfU-Bayern (2009). *Steckbriefe der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume > 100 km² in Bayern.* Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). Internet: http://www.lfu.bayern.de/natur/fachinformationen/ landschaftszerschneidung/steckbriefe/index.html, letzter Zugriff: 19.11.2009.

Linneweber, V. & Lautermann, E.-D. (2008). *Umweltpsychologie, Band 1: Grundlagen, Paradigmen und Methoden der Umweltpsychologie*. Göttingen: Hogrefe.

Linneweber, V., Lautermann, E.-D. & Kals, E. (2010). *Umweltpsychologie, Band 2: Spezifische Umwelten und umweltbezogenes Handeln*. Göttingen: Hogrefe.

Linz (2012). *Dem Lärm auf der Spur*. Linz: Stadt Linz.
Internet: http://www.linz.at/umwelt/3982.asp, letzter Zugriff: 19.06.2012.

LNE (o.J.). *Stiltegebieden in Vlaanderen.* Brüssel: Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE).

Lübeck (2008). *Aktionsplan (Zusammenfassung) zur Mitteilung an die EU gem. § 47d Abs. 7 BImSchG der Hansestadt Lübeck vom 17.07.2008*. Lübeck: Hansestadt Lübeck.

Luxon, L. & Prasher, D. (2007). *Noise and Its Effects*. Chichester: Whurr Publishers.

Maffei, L. (2008). *Urban and quiet areas soundscape preservation.* VI Congreso Iberoamericano de Acústica, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008. Buenos Aires: FIA.

Maffei, L. (2010). Soundscape approach in urban renewal: parks and areas of acoustic quality. In: *Fortschritte der Akustik – DAGA 2010, 36. Jahrestagung für Akustik, Berlin*, 51-52. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

Maifeld (2008). *Lärmaktionsplan der Verbandsgemeinde Maifeld.* Maifeld: Anette Moesta, Bürgermeisterin.

Maller, C., Townsend, M., Leger, L., Henderson-Wilson, C., Pryor, A., Prosser, L. & Moore, M. (2008). *Healthy parks, healthy people. The health benefits of contact with nature in a park context. A review of relevant literature*. Burwood, Melbourne: Deakin University.

Maris, E. (2008). *The Social Side of Noise Annoyance.* Proefschrift (Dissertation). Leiden: Universiteit Leiden.

Märker, O., Basedow, S., Wessel, M., Lindloff, C., Kuhlmann, W. & Cremer, N. (2010). *Elektronische Partizipation zur Lärmaktionsplanung in Essen. Essen-soll-leiser-werden.de. Dokumentation und Empfehlungen. Pilotprojekt des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.* Berlin: Zebralog GmbH & Co KG.

Martin, R. (1991). Geschichte der Schallbewertung. In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 38(6), 151-157.

Maschke, C. & Widmann, U. (2004). Schallwirkungen beim Menschen. In: Müller, G. & Möser, M. (Hrsg.), *Taschenbuch der Technischen Akustik*, 81-101. Berlin: Springer.

Maschke, C., Volz, R., Jakob, A. & Augustin, E. (2010). Pegeldifferenz gekippt-geöffneter Fenster bei Fluglärm - Messungen nach DIN EN ISO 140-5 Gesamt-Lautsprecher-Verfahren. In: *Fortschritte der Akustik – DAGA 2010, 36. Jahrestagung für Akustik, Berlin*, 819-820. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

Matuschek, R. & Mellert, V. (2003). Vergleich von technischen Prognoseprogrammen für die Schallimmission mit physikalischen Berechnungen der Schallausbreitung im Freien. In: *Fortschritte der Akustik – DAGA 2003, 29. Jahrestagung für Akustik, Aachen*, 428-429. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

Miedema, H. M. E. & Oudshoorn, C. G. M. (2001). Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. In: *Environmental Health Perspectives*, 109(4), 409-416.

Miedema, H. M. E. & Vos, H. (1998). Exposure-response relationships for transportation noise. In: *Journal of the Acoustical Society of America*, 104(6), 3432-3445.

Milieu (2010). *Final Report on Task 1. Review of the Implementation of Directive 2002/49/EC on Environmental Noise.* Bruessels: Milieu Ltd.

Miller, N. (2008). US National Parks and management of park soundscapes: A review. In: *Applied Acoustics*, 69(2), 77-92.

Mitschang, S. (Hrsg.) (2010). *Aktuelle Fach- und Rechtsfragen des Lärmschutzes. Bauleitplanung, Fachplanung und Zulassung von Bauvorhaben.* Frankfurt am Main: Peter Lang.

Moradi Karkaj, S. (2008). *Die Gesamtlärmbewertung im Immissionsschutzrecht*. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen 2007. Baden-Baden: Nomos.

Mountain Wilderness (2009). *Landschaftsruhezonen. Stellungnahme Mountain Wilderness*. Bern: Mountain Wilderness Schweiz. Internet: http://www.mountainwilderness.ch/projekte/silence/landschaftsruhezonen/, letzter Zugriff: 28.05.11.

Mountain Wilderness (2011). *Forderung nach grossflächigen Ruhegebieten*. Bern: Mountain Wilderness Schweiz. Internet: http://www.mountainwilderness.ch/projekte/silence/landschaftsruhezonen/, letzter Zugriff: 28.05.11.

Mummenthey, R. D. (2012). Web-basierte Datenerhebung in Niedersachsen für die 2. Stufe der EU-Umgebungslärmrichtlinie in Zusammenarbeit mit den betroffenen Kommunen. In: *Programm zur 38. Jahrestagung für Akustik – DAGA 2012, Darmstadt*, S. 136. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

Münster (2008). *Aktionsplan für die Stadt Münster*. Münster: Stadt Münster.

Natzschka, H. (2003). *Straßenbau. Entwurf und Bautechnik.* Wiesbaden: Teubner.

NLP-Müritz (2011). *Zahlen.* Hohenzieritz: Nationalparkamt Müritz. Internet: http://www.mueritz-nationalpark.de/cms2/MNP_prod/MNP/de/Natur/Zahlen/index.jsp?, letzter Zugriff: 12.02.11.

Norderstedt (2006). *Lärmminderungsplanung Norderstedt. Lärmaktionsplan*. Aachen/Berlin: Planungsbüro Richter-Richard.

NPS (2003). Clarification of the Term the day in the Definition of Substantial Restoration of Natural Quiet for Grand Canyon NP. In: *Federal Register*, 68(216), 63129-63130. Washington, DC: National Park Service (NPS).

NPS (2012). *The Natural Sounds Program. Poster*. Washington, DC: National Park Service (NPS). Internet: http://nature.nps.gov/sound/assets/docs/soundposter.pdf, letzter Zugriff: 01.06.2012.

NVV (2008). *Liniennetzplan KasselPlus.* Kassel: Nordhessischer VerkehrsVerbund (NVV).

ÖAL (2011). *Die Wirkung des Lärms auf den Menschen. Beurteilungshilfen für den Arzt.* ÖAL-Richtlinie Nr. 6/18. Ausgabe 2011-02-01. Wien: Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung (ÖAL).

Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. & Gidlöf-Gunnarson, A. (2006). Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. In: *Journal of Sound and Vibration*, 295(1-2), 40-59.

Ortscheid, J. & Wende, H. (2004). *Können Lärmminderungsmaßnahmen mit geringer akustischer Wirkung wahrgenommen werden? Ein klärendes Wort zur Wahrnehmung von Pegeländerungen.* Berlin: Umweltbundesamt.

OVG Lüneburg (2011). *Baurecht: Bebauungsplan zur Einschränkung von Tierhaltungsanlagen. Urteil vom 13.09.2011, Aktenzeichen 1 KN 56/08.* Lüneburg: Oberverwaltungsgericht Lüneburg.

Payne, S., Davies, W. & Adams, M. (2009). *Research into the Practical and Policy Applications of Soundscape Concepts and Techniques in Urban Areas.* London: Department for Environmental, Food and Rural Affairs (DEFRA).

Penn-Bressel, G. (2001). Beeinträchtigungen der Erholungsfunktion durch Lärm und die Bezüge zur Eingriffsregelung. In: Reck, H. (Bearb.). *Lärm und Landschaft. Referate der Tagung „Auswirkungen von Lärm und Planungsinstrumenten des Naturschutze" in Schloss Salzau bei Kiel am 2. und 3. März 2000 bearbeitet von Heinrich Reck.* Angewandte Landschaftsökologie, Heft 44. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

phonostar (2009). *London Calling - Im Geräuschnetz einer Stadt.* Von Gaby Hartel und Uta Kornmeier, Produktion 2009. Internet: http://www.phonostar.de/radiomagazin/radioprogramm/, letzter Zugriff: 16.03.2012.

Pliquett, K. (2011). Gewinnung von Eingangsdaten – Vorstellung einer WEB-GIS-Applikation. In: *Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie in Mecklenburg-Vorpommern. Seminarunterlagen zur Informationsveranstaltung am 27.09.2011 in Güstrow*, 82-99. Güstrow: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie in Mecklenburg-Vorpommern (LUNG).

Probst, W. & Huber, B. (1997). Schallstrahlen und Reflexionen bei der Berechnung der Schallausbreitung mit numerischen Verfahren. In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 44(5), 143-149.

Provinz Drenthe (2004). *Stiltegebieden het is geregeld in de Provinciale omgevingsverordening*. Assen: Provincie Drenthe.

Provinz Gelderland (2010). *Stiltegebieden*. Arnheim: Provincie Gelderland.
Internet: http://www.gelderland.nl/eCache/DEF/7/039.html, letzter Zugriff: 03.04.2010.

Quickborn (o.J.). *Lärmaktionsplanung für die Stadt Quickborn - Erläuterungsbericht.* Oststeinbeck und Hamburg: M & O Immissionsschutz Ingenieurgesellschaft für das Bauwesen mbH und Evers & Küssner Stadtplaner.

Reck, H. (Bearb.) (2001). *Lärm und Landschaft. Referate der Tagung „Auswirkungen von Lärm und Planungsinstrumenten des Naturschutze" in Schloss Salzau bei Kiel am 2. und 3. März 2000 bearbeitet von Heinrich Reck.* Angewandte Landschaftsökologie, Heft 44. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

RegLMP (2004). *Lärmminderungspläne in der regionalen Planung – RegLMP. Kurzfassung der Ergebnisse und Empfehlungen*. Hamburg: Lärmkontor GmbH.

Richard, J. (2007). EU: 1:1 + x, die Formel für eine erfolgreiche Lärmminderungsplanung. In: *Lärmbekämpfung*, 2(2), 19-23.

Richard, J. (2009). Aufstellung von Lärmaktionsplänen – Rückblick nach vorne: Was können wir lernen? In: *Lärmbekämpfung*, 4(3), 108-115.

Richard, U. (2011). *Stille in der Stadt. Ein City-Guide für kurze Auszeiten und überraschende Begegnungen*. München: Kösel-Verlag.

RIVM (2003). *Gebiedenatlas 2003; Bijlage 2: Overzicht van provinciale gebiedsindelingen en bijbehorende metainformatie.* Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

RMV (2008). *Haltestellenaushang - Anfrage*. Hofheim am Taunus: Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV).
Internet: http://www.rmv.de/auskunft/bin/jp/stboard.exe/dn?L=vs_rmv, letzter Zugriff: 04.12.2011.

RP-DA (2000). *Landschaftsrahmenplan Südhessen 2000.* Darmstadt: Regierungspräsidium Darmstadt (RP-DA).

RP-DA (2008). *Persönliche Mitteilung.* Darmstadt: Regierungspräsidium Darmstadt (RP-DA).

RP-DA (2010). *Lärmaktionsplan Hessen. Teilplan Straßenverkehr. Regierungsbezirk Darmstadt.* Darmstadt: Regierungspräsidium Darmstadt (RP-DA).

RP-DA (2012). *Entwurf Lärmaktionplan Hessen, Teilplan Flughafen Frankfurt/Main*. Darmstadt: Regierungspräsidium Darmstadt (RP-DA).

RP-DA, RP-GI & RP-KS (2012). *Lärmaktionsplan Hessen. Teilplan Schienenverkehr*. Darmstadt, Gießen und Kassel: Regierungspräsidium Darmstadt, Regierungspräsidium Gießen und Regierungspräsidium Kassel (RP-DA, RP-GI und RP-KS).

RP-GI (1998). *Landschaftsrahmenplan Mittelhessen 1998.* Gießen: Regierungspräsidium Gießen (RP-GI).

RP-GI (2008). *Vereinbarung zur Überlassung von Daten.* Schreiben vom 12.08.2008. Gießen: Regierungspräsidium Gießen (RP-GI).

RP-GI (2010). *Lärmaktionsplan Hessen. Teilplan Straßenverkehr. Regierungsbezirk Gießen.* Gießen: Regierungspräsidium Gießen (RP-GI).

RP-KS (o.J.). *Verpflichtungserklärung zur Nutzung von Daten aus Beständen des Regierungspräsidiums Kassel.* Kassel: Regierungspräsidium Kassel (RP-KS).

RP-KS (2000). *Landschaftsrahmenplan Nordhessen 2000.* Kassel: Regierungspräsidium Kassel (RP-KS).

RP-KS (2010). *Lärmaktionsplan Hessen. Teilplan Straßenverkehr. Regierungsbezirk Kassel.* Kassel: Regierungspräsidium Kassel (RP-KS).

Rumberg, M. (2006). *Modellierung und Management kombinierter Umgebungslärmimmissionen. Ansätze für die risiko- und qualitätsorientierte Lärmminderung in der Stadtplanung*. Dissertation. Kaiserslautern: Technische Universität Kaiserslautern.

Schafer, R. M. (1977). *The Tuning of the World*. New York: Alfred A. Knopf Inc.

Schafer, R. M. (1988). *Klang und Krach. Eine Kulturgeschichte des Hörens.* Aus dem Amerikanischen von Kurt Simon und Eberhard Rathgeb. Herausgegeben von Heiner Boehnke. Frankfurt am Main: Athenäum.

Schafer, R. M. (1994). *The Soundscape. Our Sonic Environment and the Tuning of the World.* Rochester: Destiny Books.

Scharlach, H. (2002). *Lärmkarten. Kartographische Grundlagen und audiovisuelle Realisierung*. Dissertation. Bochum: Ruhr-Universität Bochum.

Schick, A. (1990). *Schallbewertung. Grundlagen der Lärmforschung.* Berlin: Springer.

Schmedding, D. & Schaffer, A. (2005). Monetäre Bewertung von Lärmminderungsszenarien. In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 52(5), 142-147.

Schmidt, R. G. (2006). Mapping Large Area's – Balancing between Acoustic Data Economization and Result Accuracy. In: *Proceedings of Euronoise 2006, 6th European Conference on Noise Control, Tampere, Finland*, o.S. o.O.: o.V.

Schmid, S. (2005). *Externe Kosten des Verkehrs: Grenz- und Gesamtkosten durch Luftschadstoffe und Lärm in Deutschland.* Dissertation. Stuttgart: Universität Stuttgart.

Schomer, P. (2005). *Biases Introduced by the Fitting of Functions to Attitudinal Survey Data.* ASA/NOISE-CON 2005 Meeting, Minneapolis. Internet: http://www.acoustics.org/press/150th/Schomer.html, letzter Zugriff: 27.05.2012.

Schreckenberg, D. (2010). Wahrnehmung von Lärm – Belastung bzw. Belästigung. In: *Kurzbericht zur Öffentlichen mündlichen Anhörung zu dem Thema Fluglärmbelastung der Rhein-Main-Region am 23. und 24.09.2010 (zu Drucks. 18/2578)*. Wiesbaden: Hessischer Landtag.

Schulte-Fortkamp, B. (2010). The tuning of noise pollution with respect to the expertise of people's mind. In: *Proceedings of the 39th International Congress on Noise Control Engineering (Inter-Noise 2010), Lisbon, Portugal*, 53-61. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Acustica (SPA).

Schulze-Fielitz, H. (2009). Brauchen wir eine Verordnung zur Lärmaktionsplanung? In: *Natur und Recht*, 31(10), 687-693.

Schumacher, J., Klaiberg, A. & Brähler, E. (2003). *Diagnostische Verfahren zu Lebensqualität und Wohlbefinden.* Göttingen: Hogrefe.

Schweiz (2005). *Bericht des Bundesrates über Stand und Perspektiven der Lärmbekämpfung in der Schweiz*. Bern: Der Schweizerische Bundesrat.

Schweiz (2009). *Übersetzung Verfassung der Weltgesundheitsorganisation.*
Internet: http://www.admin.ch/ch/d/sr/0_810_1/, letzter Zugriff: 10.10.09.

Scottish Executive (2005a). *Well-Being and Quality of Life: Measuring the Benefits of Culture and Sport: A Literature Review and Thinkpiece.* Edinburgh: Scottish Executive - Social Research.

Scottish Executive (2005b). *Consultation on proposals for transposition and implementation of Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.* Edinburgh: Scottish Executive - Environment and Rural Affairs Department.

Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. In: *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423 und 623-656.

Shilton, S. & Turner, S. (2006). Uncertainties in Noise Mapping – Some Effects on Noise Action Plans. In: *Proceedings of Euronoise 2006, 6th European Conference on Noise Control, Tampere, Finland*, o.S. o.O.: o.V.

Shilton, S., van Leeuwen, H., Nota, R. & Hinton, J. (2005). Accuracy Implications of Using the WG-AEN Good Practice Guide Toolkits. In: *Proceedings of Forum Acusticum 2005*, o.S. Budapest: o.V.

Sommer, R. (1913). Öffentliche Ruhehallen. In: *Sammlung zwangloser Abhandlungen aus dem Gebiete der Nerven- und Geisteskrankheiten*, 10(4), 1-49. Halle a. S.: Carl Marhold Verlagsbuchhandlung.

SRU (1987). *Umweltgutachten 1987*. Bonn: Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU).

SRU (1999). *Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Umwelt und Gesundheit. Risiken richtig einschätzen.* Berlin: Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU).

SRU (2008). *Umweltgutachten 2008. Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels*. Berlin: Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU).

SSH (2011). *Soundscape Support to Health. Summaries of studies and results.* Västra Frölunda: Kjell Spång. Internet: www.soundscape.nu, letzter Zugriff am: 04.05.2011.

Stallen, P. J. M. (1999). A theoretical framework for environmental noise annoyance. In: *Noise & Health*, 1(3), 69-79.

Stapelfeldt, H. & Manvell, D. (2005). Optimising uncertainty and calculation time. In: *Proceedings of Forum Acusticum 2005*, o.S. Budapest: o.V.

Stapelfeldt, M.O.S.S. & IVU (2012). *Technischer Abschlussbericht Umgebungslärmkartierung Hessen 2012*. Vorgelegt am 29.10.2012. Dortmund, Traufkirchen und Freiburg: Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH, M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH und IVU Umwelt GmbH.

Strick, S. (2006). *Lärmschutz an Straßen.* Köln: Carl Heymanns Verlag.

Stüer, B. (2009). *Handbuch des Bau- und Fachplanungsrechts. Planung – Genehmigung – Rechtsschutz.* München: Beck.

Sundermann, M. (2006). *Aspekte der Lärmkartierung im Rahmen der EG-Umgebungslärm-Richtlinie*. Diplomarbeit. Bingen: Fachhochschule Bingen.

Symonds (2003). *Definition, Identification and Preservation of Urban & Rural Quiet Areas. Final Report.* East Grinstead: Symonds Group.

ted (2006). *D-Wiesbaden: Datenerhebung und -zusammentragung. 2006/S 98-105264. Bekanntmachung vom 24.05.2006.* Internet: http://ted.europa.eu, letzter Zugriff am: 26.04.2010.

ted (2007). *D-Wiesbaden: Datenerhebung und -zusammentragung. 2007/S 20-023101. Bekanntmachung über vergebene Aufträge vom 30.01.2007.* Internet: http://ted.europa.eu, letzter Zugriff am: 26.04.2010.

ted (2011). *D-Wiesbaden: Wissenschaftliche und technische Dienstleistungen im Ingenieurwesen. 2011/S 151-251281. Bekanntmachung vom 09.08.2011.* Internet: http://ted.europa.eu, letzter Zugriff am: 15.11.2011.

Tirol (2012). *Tiroler Schutzgebiete. Ruhegebiete.*
Internet: http://www.tiroler-schutzgebiete.at, letzter Zugriff am: 01.06.2012.

TLSB (2005a). *Verkehrsmengenkarte 2005.* Erfurt: Thüringer Landesamt für Straßenbau (TLSB).

TLSB (2005b). *Verkehrsmengenkarte 2005. Straßenbauamt Nordthüringen.* Erfurt: Thüringer Landesamt für Straßenbau (TLSB).

TLSB (2005c). *Verkehrsmengenkarte 2005. Straßenbauamt Südwestthüringen.* Erfurt: Thüringer Landesamt für Straßenbau (TLSB).

TMA (2008). *Landschaft und Gesundheit*. Fachtagung, 13.-14. November 2008. Bergisch Gladbach: Thomas-Morus-Akademie (TMA).

Torigoe, K. (2005). Insights Taken from Three Visited Soundscapes in Japan. In: *The Journal of Acoustic Ecology*, 6(2), 8-12.

Tourismusverband-MV (2010*). Die Gäste an der Müritz-Elde-Wasserstraße und Störkanal. Ergebnisse der Gästebefragung 2010.* Rostock: Tourismusverband-Mecklenburg-Vorpommern e.V.

Trow, J. & Shilton, S. (2005). Uncertainty Analysis of the Harmonoise Road Source Emission Levels. In: *Proceedings of Forum Acusticum 2005*, o.S. Budapest: o.V.

UBA (2000). *Daten zur Belastung der Bevölkerung durch Lärm*. Berlin: Umweltbundesamt (UBA).

UBA (2006a). *Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm – Auslösekriterien für die Lärmaktionsplanung.* Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt (UBA).

UBA (2006b). *Impacts of Seismic Survey Activities on Whales and other Marine Biota*. International Workshop, 06.-07.09.2006. Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt (UBA).

UBA (2008). *Lärmbelästigung der Bevölkerung nach Geräuschquellen 2008*. Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt (UBA).

UBA (2009). Night Noise Guidelines als offizielles WHO-Dokument veröffentlicht. In: *telegramm: umwelt + gesundheit*, 6, 1-4. Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt (UBA).

UBA (2010). *Lärmwirkungen. Dosis-Wirkungsrelationen.* Texte 13/2010. Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt (UBA).

UBA (2011a). *Lärm. Umgebungslärmrichtlinie.* Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt (UBA).
Internet: https://umweltbundesamt.de/laermprobleme/ulr.html, letzter Zugriff am 18.10.11.

UBA (2011b). *Lärmbilanz 2010. Untersuchung der Entscheidungskriterien für festzulegende Lärmminderungsmaßnahmen in Lärmaktionsplänen nach der Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG.* Texte 78/2011. Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt (UBA).

UBA (2012a). *Forschungsprojekt OptiLAP – Evaluierung und Optimierung der Lärmaktionsplanung nach der Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG. Arbeitspaket 2.1. Analyse und Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit von Lärmkarten in der Öffentlichkeitsbeteiligung.* Texte 27/2012. Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt (UBA).

UBA (2012b). *Daten zur Umwelt. Indikator: Fläche und Anzahl unzerschnittener verkehrsarmer Räume.* Dessau-Rößlau: Umweltbundesamt (UBA). Internet: http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2858, letzter Zugriff: 06.10.2012.

UGRdL (2008). *Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Fläche und Raum. Analysen und Ergebnisse. Ausgabe 2008.* Düsseldorf: Arbeitsgruppe Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder (UGRdL).

UIC (2007). *Sachstandsbericht 2007. Lärmreduzierung auf der europäischen Schieneninfrastruktur.* Paris: International Union of Railways (UIC).

VCD (2003). *Lärmbekämpfung durch Stadt- und Verkehrsplanung.* Bonn: VCD Verkehrsclub Deutschland e.V.

VDI 2714 (1988). *Schallausbreitung im Freien.* Januar 1988. Berlin: Beuth-Verlag.

VDI 3722-2 (2011). *Wirkung von Verkehrsgeräuschen. Teil 2: Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten.* Entwurf Dezember 2011. Berlin: Beuth-Verlag.

VRN (2008). *Aushangfahrplan*. Mannheim: Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN).
Internet: http://fahrplanauskunft.vrn.de/vrn/XSLT_STT_REQUEST?language=de, letzter Zugriff am 04.12.11.

Wall, S. (2011). *Quiet London*. London: Frances Lincoln.

Ware, C. (2004). *Information Visualization. Perception for Design*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

Waugh, D., Durucan, S., Korre, A., Hetherington, O. & O'Reilly, B. (2003). *Environmental Quality Objectives. Noise in Quiet Areas. Synthesis Report. Prepared for the Environmental Protection Agency by SWS Environmental Services, SWS Group.* Johnstown Castle: Environmental Protection Agency.

WDR (2009). *Radio-Tipps.* Pressetexte für die Programmwoche 40 vom 26.09.-02.10.2009. Köln: Westdeutscher Rundfunk (WDR).

WG-AEN (2003). *Position Paper, Final draft: Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on* Noise Expos*ure, Version 1.* Brüssel: WG-AEN: European Commission Working Group – Assessment of Exposure to Noise.

WG-AEN (2006a): *Position Paper, Final draft: Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping an the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2.* Brüssel: WG-AEN: European Commission Working Group – Assessment of Exposure to Noise.

WG-AEN (2006b): *Positionspapier, Endgültiger Entwurf: Leitfaden zu den Best Practices für die strategische Lärmkartierung und die Zusammenstellung entsprechender Daten zur Lärmexposition, Version 2.* Brüssel: Arbeitsgruppe der Europäischen Kommission für die Bewertung von Lärmbelastungen.

WG-SWE (2002). *Acoustic quality in natural and cultural environments - Proposal for metrics, indicators and auditing methods*. o.O: Working group of authorities concerned with noise.

WHO (1946). *Constitution of the World Health Organization.* New York: World Health Organization (WHO).

WHO (1998). *WHOQOL User Manual.* New York: World Health Organization (WHO).

WHO (2009). *Night Noise Guidelines for Europe.* Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

Wiesbaden (o. J.). *Geobasisdaten des Vermessungsamtes.* Wiesbaden: Landeshauptstadt Wiesbaden.

Wikipedia (2012). *100 Soundscapes of Japan*.
Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/100_Soundscapes_of_Japan, letzter Zugriff: 01.06.2012.

Willems, H. (2008). *Ruhe und Politik. Eine kurze Geschichte.* Arnheim: Provinz Gelderland.

Zacharias, F. C. (2012). Ausbreitungsberechnungen mit WFS ODEN/Geosamba - VBUS kann mit einfachen Korrekturfaktoren auch für Industrieanlagen verwendet werden. In: *Programm zur 38. Jahrestagung für Akustik – DAGA 2012, Darmstadt*, S. 137. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA).

ZEUS (2006). *Lärmbelästigung in Hessen 2006. Ergebnisse einer repräsentativen, landesweiten Telefonbefragung*. Bochum: ZEUS GmbH.

Zwicker, E. & Fastl, H. (1986). Sinnvolle Lärmmessung und Lärmgrenzwerte. In: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 33(3), 61-67.

Zwicker, E. & Fastl, H. (2007). *Psychoacoustics. Facts and Models.* Berlin: Springer.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Modernes Lärmmanagement mit bestmöglichen (= optimalen = vollständigen) Lärmkarten. 5
Tab. 2: Formale Elemente: Schreib- und Zitierweisen, Layout, Ruhige Gebiete u. Copyright. 12
Tab. 3: Zusammenfassung der Arbeit. 14
Tab. 4: EG-Umgebungslärm-Richtlinie (END): wesentliche Eckpunkte, Stärken und Schwächen. 67
Tab. 5: Umfang der Lärmkartierungen 2007: EU-27, Deutschland (D), Hessen – Schweiz, HEplus. 70
Tab. 6: Umfang der „Lärmkartierung 2007“ in den 16 Bundesländern – Hauptverkehrsstraßen 72
Tab. 7: Problemfelder der END. 74
Tab. 8: Nomenklatur: Lösungsansatz dieser Arbeit ⇔ END-Vollzug. 77
Tab. 9: Straßenlärm: Menschen mit Lärmbelastungen LDEN > 55 dB(A) = Zielwert. 88
Tab. 10: Lärmbelästigung in Hessen 2006 und in Deutschland 2008. 89
Tab. 11: Externe Kosten durch Lärm. 91
Tab. 12: Interpretation der Begriffe „Ruhe“ und „Stille“. 95
Tab. 13: Positive und negative Faktoren, die „Tranquillity“ bewirken – und ihr relatives Gewicht. 100
Tab. 14: Pegelwerte in Rechtsnormen zum Schutz von Ruhe, Erholung und Ruhigen Gebieten. 109
Tab. 15: Pegelwerte für Ruhige Gebiete in Kartieranleitungen und -empfehlungen 110
Tab. 16: Pegelwerte für Ruhige Gebiete in tatsächlich durchgeführten Kartierungen. 112
Tab. 17: Anteil Personen, die sich gering-belästigt, belästigt oder hoch-belästigt fühlen 114
Tab. 18: Nomenklatur der Ruhigen Gebiete. 116
Tab. 19: Warum LDEN-Qualitäten? – warum schwerpunktmäßig pRG35? 117
Tab. 20: LDEN und Wirklichkeit: Fehler 1. u. 2. Art bei der Kartierung Ruhiger Gebiete, hier: pRG35. 120
Tab. 21: Zehn strategische Grundsätze für die Lärmkartierungen dieser Arbeit. 125
Tab. 22: Merkmale der Modelle WI, HEplus und D. 129
Tab. 23: Nomenklatur der Parameter: wahr – real, pauschal – ideal, optimal, spezifisch. 140
Tab. 24: Geobasisdaten für die Akustik-Modelle: Vergleich BKG und HLBG. 143
Tab. 25: Modell HEplus: Welche Geobasisdaten stammen von welchem Lieferanten (HLBG, BKG)? 145
Tab. 26: Fachdaten zur Berechnung der Emissionspegel nach VBUS und VBUSch. 146
Tab. 27: Verfügbare Straßennetze für den Aufbau der Akustik-Modelle. 147
Tab. 28: Straßen: Widmung, VBUS-Straßengattung sowie DTV-Pauschalwerte Q90 und Q90. ..... 149*
Tab. 29: Straßen: Standard-Pauschalwerte in WI, HE und HEplus. 150
Tab. 30: Modell WI: Herkunft der DTV-Werte sowie Anteil mit Real- und Pauschalwerten. 158
Tab. 31: Straßenmodell HE-STR: Gesamtlänge ⇔ Länge mit realen DTV-Werten aus SVZ 2005. 164
Tab. 32: Nomenklatur der Modelle. 166
Tab. 33: Straßen, die in HEplus zusätzlich mit DTV-Werten aus der SVZ 2005 versorgt werden. 169
Tab. 34: Straßenmodell HEplus-STR: Gesamtlänge ⇔ Länge mit realen DTV-Werten. 170
Tab. 35: HEplus-SCH: Zuordnung der Zuggattungen zu den 4 Zugarten mit realen Zugzahlen. 175
Tab. 36: Personenzüge: Verteilung verschiedener Zugarten auf die Zeitbereiche D, E und N. 177
Tab. 37: Güter- und Personenzüge: Verteilung der Zugzahlen auf die Zeitbereiche D, E und N. 178
Tab. 38: Pauschalwerte der VBUSch-Parameter für die 5 Zugarten in HEplus-SCH. 179
Tab. 39: HEplus-SCH: Länge des von einer Zugart befahrenen Teilnetzes u. Anteil am Gesamtnetz. 180
Tab. 40: Ergebnisse der Parameterstudien zu WI. 194
Tab. 41: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Parameterstudien zu WI. 208
Tab. 42: Nomenklatur: END-Karte, Lärmkarte, Ruhekarte sowie Lärm- und Ruhekarte. 211
Tab. 43: Standard-Pegelklassen und Standard-Farben mit RGB-Werten. 214
Tab. 44: HEplus(STR): Parameterwerte des Standardmodells und der Parametermodelle. 215
Tab. 45: Kern-Parameter von HEplus: optimale und ideale Werte, Rechenzeit und Qualität. 217
Tab. 46: Vergleich wesentlicher Parameter: HEplus und SonBase (Lärmkartierung der Schweiz). 217
Tab. 47: Einfluss von ALK und DGM im Siedlungs- und Freiraum – Wiesbaden. 222
Tab. 48: Lassen sich hochwertige pRGx mit den Modellen „ohne ALK“ und „ohne DGM“ kartieren? 225
Tab. 49: LDEN-Lärmkorridore: Einseitige Korridorbreiten als Funktionen von WDM, DTV u. pRGx. 227

Tab. 50: HEplus: Summativer Vergleich von 4 Akustik-Modellen und 3 Lärmkorridoren bzgl. Rechenzeit und pRG35-Anzahl, -Fläche und -Anteil (Prozent). ... 230
Tab. 51: pRG35 des Standardmodells, die die Parametermodelle lagebezogen „richtig" kartieren. ... 232
Tab. 52: pRG35, die die Parametermodelle „fälschlich" kartieren (Fehler 1. Art). ... 233
Tab. 53: Resümee der Modellvergleiche: Bedeutung von ALK und DGM für die pRG35. ... 234
Tab. 54: Bedeutung von pRGx-Kleinstflächen. ... 242
Tab. 55: Umgang mit DTV-Werten: Vergleich von HEplus mit 1:1-Kartierungen – Hessen, 2. Stufe. ... 244
Tab. 56: HEplus (nur ReG): Straßenlängen und -anteile mit DTV_{real} und $DTV_{pauschal}$ pro Widmung. ... 245
Tab. 57: Einfluss von $DTV_{pauschal}$ auf Häufigkeit der Pegeldifferenzen dL_{DEN} und L_{DEN}-Mittelwerte. ... 248
Tab. 58: DTV-Schwellen in neuen und alten Rechtsnormen: END ⇔ § 47a-alt BImSchG. ... 252
Tab. 59: Nomenklatur der Modelle DTVx. ... 253
Tab. 60: Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf Gesamtlänge und Anteil der kartierten Straßen. ... 258
Tab. 61: Summativer Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ auf Pegelverteilung und Rechenzeit. ... 260
Tab. 62: Häufigkeitsverteilung der Pegeldifferenzen dL(x) zwischen DTV0 und DTVx. ... 262
Tab. 63: Vergleich: amtliche Lärmkartierung Hessen 2007/2012 ⇔ repräsentative HEplus-Modelle. ... 266
Tab. 64: Keine und unbrauchbare Informationen in END-Karten – Außenraum (RAS). ... 267
Tab. 65: Vergleich der realen Lärmbelastungen (DTV0) mit denen von 1:1-Kartierungen. ... 268
Tab. 66: Vereinfachte Nomenklatur der Modelle. ... 273
Tab. 67: HEplus: Lärmbelastungen durch STR, SCH, FLG u. GES im Außenraum – L_{DEN} > 55 dB(A). ... 278
Tab. 68: HEplus: Statistische Kenngrößen der Lärm- und Ruhekarten für STR, SCH und FLG. ... 279
Tab. 69: Lärm- und Ruhebilanz für Hessen – Außenraum, Einwohner und L_{DEN}-Mittelwerte. ... 281
Tab. 70: Informationen über die L_{DEN}(RAS)-Mittelwerte in den 430 hessischen Gemeinden. ... 285
Tab. 71: Hessen: Rangliste der 10 lautesten Gemeinden bzgl. STR, SCH und FLG. ... 287
Tab. 72: Hessen: Rangliste der 10 lautesten u. 10 ruhigsten Gemeinden für STR, SCH, FLG u. GES. ... 303
Tab. 73: Anzahl und Gesamtfläche der pRG35 für STR, GES und Dreifach-Bedingung. ... 307
Tab. 74: pRG35-Flächenverluste durch SCH und FLG beim Übergang STR ➡ GES. ... 308
Tab. 75: Rangliste der pRG35(GES) mit A > 20 km² in Hessen. ... 310
Tab. 76: Hessen: Summativer Vergleich der pRG35(GES) mit anderen Schutzgebieten. ... 314
Tab. 77: Hessen: pRG35(GES) ⇔ Landschaftsrahmenpläne – Statistiken. ... 321
Tab. 78: Hessen: Anteil der pRGx(GES) mit x = 35, 45 und 55 in Schutzgebieten – und umgekehrt. ... 322
Tab. 79: Umfang des Straßenmodells für Deutschland (D). ... 328
Tab. 80: Umfang des Schienenmodells für Deutschland (D). ... 329
Tab. 81: pRG35(GES): summativer Vergleich des Akustik-Modells mit den Lärmkorridoren. ... 333
Tab. 82: Verteilung der pRG35 auf die 16 Bundesländer und Vergleich mit UZVR. ... 335
Tab. 83: Deutschland: Rangliste der 28 pRG35(GES)-Großgebiete (A > 100 km²). ... 338
Tab. 84: Aktuelle Flächennutzung in den pRG35(GES)-Großgebieten aus Modell D. ... 340
Tab. 85: Lärmschutzrechtliche Vorgaben für Ruhige Gebiete in END, BImSchG etc. ... 344
Tab. 86: Handlungsebenen und -möglichkeiten für einen besseren Schutz Ruhiger Gebiete (RG). ... 348
Tab. 87: Übersicht zur Gesamtplanung sowie den Fachplanungen „Landschaftsplanung" und „Lärmaktionsplanung" in Bund, Ländern und Gemeinden. ... 349
Tab. 88: Immissionswerte zur Lärmbekämpfung und zum Schutz Ruhiger Gebiete. ... 351
Tab. 89: Defizite des deutschen Lärmschutzrechts. ... 352
Tab. 90: Lärmminderungsmaßnahmen zur Lärmbekämpfung u. zum Schutz Ruhiger Gebiete: L_{DEN}-Lärmkarten mit 2 Mittelwerten: ReG u. Wohnviertel. ... 354
Tab. 91: Lärmminderungsmaßnahmen zur Lärmbekämpfung u. zum Schutz Ruhiger Gebiete: Pegeldifferenzkarten mit 2 dL_{DEN}-Mittelwerten: ReG u. Wohnviertel. ... 355
Tab. 92: Schutz Ruhiger Gebiete: Maßnahmen durch Lärmkartierung & Lärmaktionsplanung, Fach- & Gesamtplanungen, behördliches & sonstiges Handeln. ... 359
Tab. 93: Umsetzung der END: organisationspsychologische und psychologische Implikationen. ... 368

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Ziele und Nicht-Ziele der Arbeit. 8
Abb. 2: Konzept der EG-Umgebungslärm-Richtlinie. 66
Abb. 3: Lärmkartierung Hessen 2007 für Straßen als typische Lärmkarte der 1. Stufe der END. 73
Abb. 4: Effektive und effiziente Lärmkartierungen, um die Ziele der END zu erreichen. 77
Abb. 5: Wahre und potentiell Ruhige Gebiete: L_{DEN}-Qualität und andere Faktoren. 116
Abb. 6: Fehler 1. und 2. Art bei der Kartierung Ruhiger Gebiete. 120
Abb. 7: Konzept: Lärmkartierung nach END, aber ohne END-Schwellen. 122
Abb. 8: Prozessablauf einer Lärmkartierung: Modellerstellung – Berechnung – Ergebnisanalyse. 123
Abb. 9: Prozesskette – Bausteine und Arbeitsschritte der Lärmkartierungen dieser Arbeit. 124
Abb. 10: Pareto-Diagramm zum Pareto-Prinzip. 126
Abb. 11: Lage der Modell- und Rechengebiete von WI, HEplus und D. 128
Abb. 12: Räumlich modularer Aufbau der Akustik-Modelle. 130
Abb. 13: Inhaltliche und räumliche Einordnung der Akustik-Modelle. 131
Abb. 14: Methoden der Arbeit. 133
Abb. 15: Ruhige Gebiete: inhaltliche und räumliche Schwerpunkte. 134
Abb. 16: Software-spezifische Einstellungen. 138
Abb. 17: Arbeitsschritte zur Durchführung einer Lärmkartierung am Beispiel WI, HE und HEplus. 142
Abb. 18: Stadt Wiesbaden und Modell WI: Gelände- und Siedlungsstrukturen. 156
Abb. 19: Modell WI: Zuweisung von DTV-Werten an die Straßen-Geometrien. 157
Abb. 20: Modell WI: Straßennetz mit Herkunft der DTV-Werte, Rechen- und Modellgebiet. 159
Abb. 21: Modell HE: Zuweisung von DTV-Werten an die Straßen-Geometrien. 162
Abb. 22: Modell HEplus-STR: Zuweisung von DTV-Werten an die Straßen-Geometrien. 168
Abb. 23: Erstellung des zu HEplus gehörenden Schienenmodells HEplus-SCH. 173
Abb. 24: Bildung von Zugzahlen pro Streckenabschnitt (pro Geometrie). 176
Abb. 25: Prioritäten für Akustik-Modelle: Erst Schwellen beseitigen, dann Realwerte verwenden. 184
Abb. 26: Ablauf der Parameterstudien. 189
Abb. 27: Einfluss des Parameters maxF = „maximaler Fehler“. 194
Abb. 28: Einfluss des Parameters n = „Max. Reflexionsordnung“ – Übersicht. 197
Abb. 29: Einfluss des Parameters n = „Max. Reflexionsordnung” – Detail „Innenstadt“. 198
Abb. 30: Einfluss des Parameters „Rechenvorschrift”: VBUS ⇔ RLS-90, n = 1 und maxF = 0 dB. 200
Abb. 31: Einfluss des Parameters „DGM”. 201
Abb. 32: Vergleich der Gebäudehöhen h_{real} und $h_{pauschal}$ = 10 m für Wiesbaden. 203
Abb. 33: Einfluss des Parameters „Gebäudehöhe”. 203
Abb. 34: Straßennetz, L_{DEN} und pRG35 für HEplus. 218
Abb. 35: Stadt Wiesbaden: Einfluss von ALK und DGM – Lärm- und Ruhekarten. 220
Abb. 36: Stadt Wiesbaden: Einfluss von ALK und DGM – Pegeldifferenzkarten. 221
Abb. 37: HEplus: Standard, ohne ALK sowie ohne DGM – Lärm- und Ruhekarten. 223
Abb. 38: HEplus: Standard, ohne ALK sowie ohne DGM – pRG35. 223
Abb. 39: HEplus: Standard, ohne ALK sowie ohne DGM – Pegeldifferenzkarten mit/ohne Ortslagen. 224
Abb. 40: Vergleich der pRG35: Standardmodell und Lärmkorridore mit Q25, Q50 und Q90. 228
Abb. 41: Standardmodell (DTV0): pRG35-Kleinstflächen in straßenfreien Tälern. 232
Abb. 42: Wiesbaden: Einfluss der Rasterweite Rw im Siedlungsraum. 238
Abb. 43: Wiesbaden: Identifikation von Feinstrukturen im Siedlungsraum mit Rw = 2 m und 5 m. 239
Abb. 44: HEplus: Einfluss der Rasterweite Rw im Freiraum. 241
Abb. 45: Einfluss des DTV-Wertes auf die Pegel. 243
Abb. 46: Änderung dL_{mE} des Emissionspegels L_{mE} für die Übergänge Q90 ➡ Qxx und G500 ➡ G200. 246
Abb. 47: HEplus: Pegeldifferenzkarte für den Übergang Q90 ➡ Q25 – Übersicht. 247
Abb. 48: Pegeldifferenzkarte für den Übergang Q90 ➡ Q25 – Detail. 248
Abb. 49: Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ im ländlichen und städtischen Siedlungsraum. 254
Abb. 50: HEplus: Einfluss von $DTV_{Schwelle}$ im Freiraum. 256

Abb. 51: HEplus: Pegeldifferenzen für DTV8000END, DTV8000 und „SVZ 2005“ i. Vgl. zu DTV0. ..... *264*
Abb. 52: Pegeldifferenzen um starke Straßenquellen – Beispiel: A5 mit DTV = 58.768 Kfz/24h. *265*
Abb. 53: Schwellenwerte als Filter. *269*
Abb. 54: HEplus: Kartierung der pRG35 für STR, SCH und FLG – Übersicht. *273*
Abb. 55: HEplus: Basisdaten und quellenspezifische Fachdaten für STR, SCH und FLG. *274*
Abb. 56: HEplus: Lärm- und Ruhekarten sowie pRG35 für STR, SCH und FLG. *275*
Abb. 57: HEplus: Häufigkeitsverteilung der L_{DEN} *für STR, SCH, FLG und GES in 1-dB-Klassen.* *276*
Abb. 58: HEplus: Häufigkeitsverteilung der L_{DEN} *für STR, SCH, FLG und GES in 5-dB-Klassen.* *277*
Abb. 59: Häufigkeitsverteilung der L_{DEN}*(RAS)-Mittelwerte in den 430 hessischen Gemeinden* *284*
Abb. 60: Räumliche Verteilung der L_{DEN}*(RAS)-Mittelwerte in den 430 hessischen Gemeinden* *286*
Abb. 61: Verschiedene Dosis-Wirkungs-Funktionen W = %HA = %HA(L_{DEN}*) für STR* *292*
Abb. 62: Dosis-Wirkungs-Funktionen von Miedema & Oudshoorn (2001) für STR, SCH und FLG. *293*
Abb. 63: Interpolations-Funktionen I zu den %HA-Funktionen von Miedema & Oudshoorn. *296*
Abb. 64: Zuschläge für FLG und SCH nach Miedema & Oudshoorn (2001) für $L_{DEN} \geq 45$ *dB(A).* *297*
Abb. 65: HEplus: GES u. pRG35(GES) durch wirkungsgerechte Pegeladdition von STR, SCH u. FLG. *299*
Abb. 66: Mittelwerte und Ränge der 430 hessischen Gemeinden bzgl. STR, GES u. Rangsumme *301*
Abb. 67: Vergleich der pRG35 für GES, Dreifach-Bedingung und STR. *306*
Abb. 68: pRG35-Flächenverluste durch SCH und FLG beim Übergang STR ➡ GES. *308*
Abb. 69: Übersicht: pRG35 mit A > 20 km² in HEplus – Detail: Nationalpark Kellerwald-Edersee. *312*
Abb. 70: HEplus: pRG35(GES) ⇔ BNatSchG-Schutzgebiete und Truppenübungsplätze. *316*
Abb. 71: Hessen: pRG35(GES) ⇔ Wald und BWaldG-Schutzgebiete. *317*
Abb. 72: Regierungsbezirke Kassel und Gießen: pRG35(GES) ⇔ Landschaftsrahmenpläne (LRP). *320*
Abb. 73: Modell D: GES und pRG35(GES) durch wirkungsgerechte Pegeladdition – Übersicht. *330*
Abb. 74: Deutschland: STR, SCH, GES, Lärm- sowie Ruhekarten und pRG35(GES). *332*
Abb. 75: Lagegenauer Vergleich der Modelle D und HEplus. *334*
Abb. 76: Deutschland: Lage der 28 pRG35(GES)-Großgebiete mit A > 100 km². *339*
Abb. 77: Kooperation zwischen Lärmaktionsplanung u. anderen Planungen. *356*
Abb. 78: Schutz Ruhiger Gebiete: Integration von Lärmkartierung & Lärmaktionsplanung in Fach- & Gesamtplanungen, behördliches & sonstiges Handeln. *358*
Abb. 79: LSG „Südwest-Rügen-Zudar” – Schutzzweck: Erhaltung sowie Verbesserung der Ruhe. *363*
Abb. 80: Beispiele für die Kennzeichnung/Beschilderung von Ruhigen Gebieten. *364*
Abb. 81: Raum der Stille am Brandenburger Tor in Berlin. *365*

Abkürzungsverzeichnis

Anmerkung 1: Ohne Abkürzungen, die nur in einem Abschnitt auftreten und dort erklärt sind.
Anmerkung 2: Singular, Plural, alle Zeitformen usw. besitzen dieselbe Abkürzung.

%	Prozentwert
%HA	Prozentsatz %HA der Menschen, die sich *stark* belästigt – „Highly Annoyed“ – fühlen
%A	Prozentsatz %A der Menschen, die sich belästigt – „ Annoyed“ – fühlen
%LA	Prozentsatz %LA der Menschen, die sich *wenig* belästigt – „Little Annoyed“ – fühlen
α	Ortslagenanteil *oder* Absorptionsgrad
A	Autobahn *oder* Fläche
A_{ges}	Gesamtfläche, z.B. der Einzelflächen einer Flächenklasse
a	annus, lateinisch für „Jahr“
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
ALK	Amtliches Liegenschaftskataster
a.M.	am Main
Anz.	Anzahl
ArcSDE	spezielles Datenmodell/-format in ArcGIS
arithm.	arithmetisch
Art.	Artikel
ATKIS	Amtlich Topographisch Kartographisches Informationssystem
ausg.	ausgedünnt
Ausn.	Ausnahme
B	Bundesstraße
Basis-DLM	Digitales Basis-Landschaftsmodell
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
berücks.	berücksichtigen, berücksichtigt, …
BGH	Bundesgerichtshof
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BKT	Bahnkategorie („Zugart“)
BL	Bundesland
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
B-Plan	Bebauungsplan (BauGB)
Bsp.	Beispiel
BSR	Biosphärenreservat
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BWaldG	Bundeswaldgesetz
CNL	City Night Line
D	Deutschland *oder* Akustik-Modell für die Bundesrepublik Deutschland *oder* Schnellzug („D-Zug“) *oder* 12h-Tag-Zeitraum von 6-18 (END), D = engl. „Day“
D_{Ae}	Pegeldifferenz durch Aerodynamik (VBUSch)
D_{BM}	Pegeländerung (Pegeldifferenz) durch Boden- und Meteorologiedämpfung (VBUS, VBUSch)
D_{Met}, D_{met}	meteorologische Korrektur für unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen (VBUS, VBUSch)
D_S	Pegeländerung durch unterschiedliche Abstände (VBUS und VBUSch)
D_{Stg}	Korrektur für Steigungen und Gefälle (VBUS)
D_{StrO}	Korrektur für unterschiedliche Straßenoberflächen (VBUS)
d	Distanz *oder* Tag
DA	Darmstadt
DB	Deutsche Bahn AG

dB	Dezibel
dB(A)	Dezibel, A-bewertet
dbzgl.	diesbezüglich
DES	Datenerfassungssystem
DGM	Digitales Geländemodell
DGM-D	Digitales Geländemodell für Deutschland
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
D-Korridore	Lärmkorridore für die Bundesrepublik Deutschland
dL	Pegeldifferenz
DLM	Digitales Landschaftsmodell
dt.	deutsch
DTV	Durchschnittliche Tägliche Verkehrsmenge
$DTV_{pauschal}$	pauschaler DTV-Wert
DTV_{real}	realer DTV-Wert
$DTV_{Schwelle}$	DTV-Schwelle (nur Straßen mit DTV > $DTV_{Schwelle}$ werden kartiert)
€	EURO
E	4h-Abend-Zeitraum von 18-22h (END), E = engl. „Evening“
EC	Eurocity
Ed.	Editor, engl. „Herausgeber“
EG	Europäische Gemeinschaften
Einw.	Einwohner
END	Environmental Noise Directive
etw.	etwas
EU	Europäische Union
evtl.	eventuell
F	Frankfurt am Main
f.	folgende (Seite)
ff.	folgende (Seiten)
FAS	Fassadenpegel/-punkt
FFH	Flora-Fauna-Habitat
fGDB	file geodatabase (spezielles Datenmodell/-format in ArcGIS)
FLG	Flughafen *oder* Flugverkehr *oder* Fluglärmquelle *oder* Fluglärm
Forts.	Fortsetzung
F-Plan	Flächennutzungsplan (BauGB)
FStrG	Bundesfernstraßengesetz
G	Gemeindestraße bzw. gewerbliche Bauflächen (BauNVO)
g	Längsneigung („Steigung“ einer Straße) (VBUS)
gem.	gemäß
GES	Gesamtlärm
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geografisches Informationssystem
Glch.	Gleichung
grds.	grundsätzlich
Gyyy	pauschaler DTV-Wert von yyy Kfz/24h für Gemeindestraßen; G500 ⇨ 500 Kfz/24h
h	hora, lateinisch für „Stunde“ *oder* Höhe (von Gebäuden oder Immissionspunkten etc.)
ha	Hektar (10.000 m²)
HE	Akustik-Modell für das Bundesland Hessen
HEplus	Akustik-Modell für Hessen plus Außenbereich
hess.	hessisch
HLBG	Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation
HLSV	Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, seit 01.01.2012: Hessen Mobil
HLUG	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
HP	Höhenpunkt
HVS	Hauptverkehrsstraße (END)
i	Laufindex, z.B. i = 1, ..., N
i. Allg.	im Allgemeinen

IC	Intercity
ICE	Intercity-Express
ID	Identifikator (Nummer zur eindeutigen Kennzeichnung eines Objektes, GIS)
i.d.R.	in der Regel
i.e.S.	im engeren Sinn
i. Ggs.	im Gegensatz
IND	Industrie- und Gewerbeanlage/-lärm/-quellen
inkl.	inklusive
insb.	insbesondere
IO	Immissionsort
IP	Immissionspunkt
i.S.v.	im Sinne von
i. Vgl.	im Vergleich
i.V.m.	in Verbindung mit
i.w.S.	im weiteren Sinn
K	Kreisstraße
k.A.	keine Angaben
Kap.	Kapitel
kart.	kartiert
Kfz	Kraftfahrzeug
klass.	klassifiziert
km	Kilometer
Koeff.	Koeffizient
konst.	konstant
Krit.	Kriterium
KS	Kassel
L	Landesstraße *oder* Schallpegel
L_D	12h-Tag-Pegel = A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel im Zeitraum 6h-18h (END)
L_{Day}	L_D
L_E	4h-Abend-Pegel = A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel im Zeitraum 18h-22h (END)
$L_{Evening}$	L_E
L_N	8h-Tag-Pegel = A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel im Zeitraum 22h-6h (END)
L_{Night}	L_N
L_{DEN}	24h-Tag-Abend-Nacht-Pegel (END), berechnet aus L_D, L_E und L_N nach Glch. (1.1) auf S. 67
L(IP)	Immissionspegel, allgemein
L_{mE}	Emissionspegel, allgemein
L^*_{DEN}(STR, Y)	renormierter Ersatzpegel = STR-Pegel, der dieselbe Wirkung erzeugt wie der tatsächlich vorhandene Pegel der Lärmart Y
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
li.	links
lit.	littera, lateinisch für „Buchstabe“
Lkw	Lastkraftwagen
LRP	Landschaftsrahmenplan
LSG	Landschaftsschutzgebiet
LSW	Lärmschutzwand
lt.	laut
LuftVG	Luftverkehrsgesetz
m	Meter
Max.	Maximum
maxF	maximaler Fehler (Akustik-Software, hier: CadnaA)
Min.	Minimum
mind.	mindestens
Mio.	Million
MoG	Modellgebiet
Mrd.	Milliarde
MwSt.	Mehrwert-Steuer
N	8h-Nacht-Zeitraum von 22-6h (END), N = engl. „Night“

n	Reflexionsordnung (Akustik-Software, hier: CadnaA)
nächstgel.	nächstgelegene
NLP	Nationalpark
NN	Normalnull
NP	Naturpark
Nr.	Nummer
NSG	Naturschutzgebiet
NWR	Naturwaldreservat
o.	oder
o.Ä.	oder Ähnliches
ODBC	Open Database Connectivity (Standard-Schnittstelle für Datenbanken)
OF	Offenbach
o.g.	oben genannt
o.J.	ohne Jahr (Literaturverzeichnis)
o.O.	ohne Ort (Literaturverzeichnis)
o.S.	ohne Seite (Literaturverzeichnis)
o.V.	ohne Verlag (Literaturverzeichnis)
p	maßgebender Lkw-Anteil über 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht (VBUS) *oder* potentiell
p.	page, engl. „Seite“
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
Pkw	Personenkraftwagen
pRG	potentiell Ruhiges Gebiet
Q	Quantil, hier auch für Perzentile verwendet
q.e.d.	quod erat demonstrandum, lateinisch: „was zu beweisen war“
Qxx	pauschaler DTV-Wert für klassifizierte Straßen, der dem xx%-Quantil (o. Perzentil) entspricht
R	Rang
r	Entfernung
r_S	Suchradius (Akustik-Software, hier: CadnaA)
RAS	Rasterpegel/-punkt
RB	Regionalbahn
RE	Regional-Express
re.	rechts
rechtl.	rechtlich
ReG	Rechengebiet
Reg.bezirk	Regierungsbezirk
restl.	restlich
RG	Ruhiges Gebiet
ROG	Raumordnungsgesetz
RP	Regierungspräsidium/-bezirk
RQ	Regelquerschnitt (einer Straße)
Ruhequal.	Ruhequalität
S	S-Bahn
S.	Seite *oder* bei Rechtsnormen: Satz
s.a.	siehe auch
SCH	Schienenweg *oder* Schienenverkehr *oder* Schienenlärmquelle *oder* Schienenlärm
schädl.	schädlich
Schulen & Co	Schulen, Krankenhäuser, Kur- und Altenheime (16. BImSchV)
sic!	lateinisch für „so“; Hinweis, dass eine auffällige Schreibweise genau *so* im Original-Zitat steht
SMART	Spezifisch – Messbar – Akzeptabel – Realistisch – Terminierbar
SO	Sondergebiete (BauNVO)
s.o.	siehe oben
s.S.	siehe Seite
St.abw.	Standardabweichung (1 × σ)
Standardabw.	Standardabweichung (1 × σ)
SCH	Straße *oder* Straßenverkehr *oder* Straßenlärmquelle *oder* Straßenlärm
StVO	Straßenverkehrsordnung
s.u.	siehe unten

SVZ	Straßenverkehrszählung
Tab.	Tabelle
TIN	Triangulated Irregular Network, deutsch: „unregelmäßiges Dreiecksnetz" (GIS)
TK	Topografische Karte
typ.	typisch
u.	und
u.a.	und andere; unter anderem
u.Ä.	und Ähnliches
UBA	Umweltbundesamt
üNN	über Normalnull
u.U.	unter Umständen
u.v.a.m.	und vieles andere mehr
v	Geschwindigkeit
v.a.	vor allem
VBEB	Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm
VBUF	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen
VBUI	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm durch Industrie und Gewerbe
VBUS	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen
VBUSch	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen
VBUS & Co	VBUS und die anderen 4 oben genannten Berechnungsvorschriften
vgl.	vergleiche
vorh.	vorhanden
vs.	versus, lateinisch für „gegen" i.S. „gegenüber gestellt"; entspricht in dieser Arbeit „⇔"
VSG	Vogelschutzgebiet
W	Dosis-Wirkungs-Funktion, in der vorliegenden Arbeit: Belästigungs-Funktion %HA *oder* Gesamtanzahl der Immissionspunkte im Rechengebiet
WA	allgemeine Wohngebiete (BauNVO)
WDM	Widmung (einer Straße)
wDTV	wahrer DTV-Wert (theoretisches Konstrukt)
wesentl.	wesentlich
WI	Wiesbaden *oder* Akustik-Modell für die Landeshauptstadt Wiesbaden
wissenschaftl.	wissenschaftlich
Wo.	Woche
WR	reine Wohngebiete (BauNVO)
wRG	wahres Ruhiges Gebiet (theoretisches Konstrukt)
WS	Kleinsiedlungsgebiete (BauNVO)
x	Platzhalter für a) die Qualität eines (potentiell) Ruhigen Gebietes pRGx: $L_{DEN} \leq x$ dB(A) b) die DTV-Schwelle $DTV_{Schwelle} = x$ Kfz/24h c) Nomenklatur der Akustik-Modelle DTVx
Y	Platzhalter für die Lärmart, z.B. Y = STR, SCH, FLG oder GES
z.B.	zum Beispiel
zit.	zitiert
zsm.	zusammen
z.Zt.	zur Zeit

Nomenklaturverzeichnis

Tab. 8: Nomenklatur: Lösungsansatz dieser Arbeit ⇔ END-Vollzug. **S. 77**

*Legende: Fettdruck = Begriffe, die in dieser Arbeit allgemein **synonym** benutzt werden; s.a. Tab. 23, S. 140.*

Nr.	Merkmal		die vorliegende Arbeit	END bzw. END-Vollzug
1	Lärmkartierung		**NICHT-1:1 ≝ bestmöglich**	**1:1 ≝ gängig**
2	Schwellenwerte beachtet?		Nein	Ja
3	Parameterwerte		**optimal**	**spezifisch**
4	Straßenlärm	berechnete Quellen	alle	nur starke, oberhalb DTV-Schwelle
		DTV-Werte	alle verfügbaren Realwerte Rest: Pauschalwerte	nur Realwerte > DTV-Schwelle keine Pauschalwerte
5	Schienenlärm	berechnete Quellen	alle	nur starke, oberhalb Zugzahl-Schwelle
		Zugzahlen	alle verfügbaren Realwerte Rest: Pauschalwerte	nur Realwerte > Zugzahl-Schwelle keine Pauschalwerte
6	Gesamtlärm kartiert?		Ja	Nein
7	Art der Karte		**Lärm- *und* Ruhekarte**	**END-Karte**
8	Lärmbelastungen ermittelt?		Ja	Ja, ABER: um Faktor 2-6 niedriger
9	Ruhige Gebiete kartiert?		Ja, alle	Nein, kein einziges
10	Bestandsaufnahme		**vollständig**	**unvollständig**

Tab. 23: Nomenklatur der Parameter: wahr – real, pauschal – ideal, optimal, spezifisch. **S. 140**

Nr.	Nomenklatur	Bedeutung	Beispiele
G1	**Referenz**		
1	**wahr** **wahrer Wert**	• tatsächlich vorhanden = Realität = Wirklichkeit • absolut fehlerfrei ⇨ maximale Genauigkeit u. Qualität	wahre Ruhige Gebiete, s.S. 116 wahre Verkehrsmenge, wDTV
G2	**Eingangsdaten** = Teilmenge der G3-Parameter = Nr. 2 auf S. 138		
2a	**real**[651] **Realwert**	• individuell für jedes einzelne Objekt erhoben • möglichst fehlerfrei	Messung o. Simulation; DTV-Wert aus SVZ, DTV_{real}
2b	**pauschal** **Pauschalwert**	• ein *nicht* individuell erhobener Wert • *im Mittel* brauchbar, ABER: individuell z.T. große Fehler, JEDOCH: Fehler z.T. akustisch/planerisch irrelevant	Abschätzung (Berechnung); Q90*/Q90-Pauschalwerte, $DTV_{pauschal}$
G3	**Parameter** = Eingangsdaten, Vereinfachungen, Software-Einstellungen *oder* sonstige Parameter = Nr. 1-4 (S. 138)		
3a	**ideal** **Idealwert**	• effektiv für alle denkbaren Ziele, aber oft ineffizient • fast fehlerfrei ⇨ maximale Genauigkeit u. Qualität	Rasterweite Rw = 2 m, s.S. 241
3b	**optimal** **Optimalwert**	• effektiv u. effizient für die Hauptziele; „= ideal“ möglich • z.T. fehlerhaft ⇨ Fehler irrelevant für die Hauptziele	Rasterweite Rw = 10 m
3c	**spezifisch**	• effektiv u. effizient nur für besondere Ziele (Aufgaben) • z.T. stark fehlerhaft ⇨ für die Hauptziele *un*geeignet	Rasterweite Rw = 1.000 m: nur für große pRGx geeignet

Tab. 42: Nomenklatur: END-Karte, Lärmkarte, Ruhekarte sowie Lärm- und Ruhekarte. **S. 211**

Nr.	Nomenklatur	Einfluss von Schwellen	Anwendungsbereich		Bemerkung
			Lärmbekämpfung	Schutz Ruhiger Gebiete	
1	**END-Karte**	**sehr hoch**	Teilweise	Nein	s. Abb. 3, S. 73
2	***Lärm*karte**	hoch	Ja	Nein	s. Tab. 40, S. 194
3	***Ruhe*karte**	hoch	Nein	Ja	s. Kap. 8, S. 327: Modell D
4	**Lärm- *und* Ruhekarte**	niedrig	Ja	Ja	**Ziel** dieser Arbeit, erreicht durch HEplus, STR, SCH, FLG u. GES

[651] „Real“ ist im Sinne von **realistischer** oder **realistisch** zu verstehen:
- Realwerte sind – trotz möglicher Mess- oder Simulationsfehler – i. Allg. realistischer als Pauschalwerte
- Realwerte können (sollten) der Realität (= den wahren Werten) entsprechen, können (werden) aber wegen der Mess- oder Simulationsfehler auch von dieser abweichen

Tab. 18: Nomenklatur der Ruhigen Gebiete. S. 116

Nr.	Abk.	Nomenklatur	Beschreibung
1	-	L_{DEN}-Kriterium L_{DEN}-Definition	• **L_{DEN}(Y) ≤ x dB(A)** • **x** = frei wählbare Zahl, **Y** = Lärmart = STR, SCH, FLG, GES, ... • x interpretierbar als **Schwelle oder Qualität**
2	-	L_{DEN}-Schwelle	• Wenn L_{DEN} ≤ x dB(A), *dann und nur dann* liegt ein Ruhiges Gebiet vor, ansonsten nicht • Ja-Nein-Aussage i.S. einer Ausschlussbedingung • x = Schwellenwert bzw. Filter i.S.v. Abb. 7/Abb. 53, S. 122/269
3	-	**L_{DEN}-Qualität**	• Wenn **L_{DEN} ≤ x dB(A)**, dann liegt die **Ruhequalität x** vor • Aussage zur Ruhequalität eines Gebietes anhand des einen Faktors L_{DEN} • x = Qualitätskriterium, kein Schwellenwert
4	pRG	potentiell Ruhiges Gebiet	• potentiell = *möglich* oder *denkbar* • <u>allgemein</u>: nur „ruhig" bzgl. des benutzten Modells • <u>speziell</u>: nur „ruhig" bzgl. des einen Faktors L_{DEN} • Risiko von Fehlern 1. und 2. Art, da mit L_{DEN} nur 1 akustischer Faktor berücksichtigt wird, s. Abb. 6, S. 120 • Weitere Faktoren sind zu kartieren, damit der Zusatz „potentiell" entfallen kann, s. Abb. 5

5	**pRGx**	potentiell Ruhiges Gebiet der Qualität x
		
		wertvolle pRGx
		hochwertige pRGx
			• pRG, in dem überall gilt: L_{DEN} ≤ x dB(A), x = Mindestqualität
			• <u>Hier</u>: Die pRGx werden einer bestmöglichen Lärmkarte entnommen, die mit Akustik-Software berechnet wird, END-konform ist und *alle* Lärmquellen (*alle* Straßen und *alle* Schienen, 1 Flughafen) enthält, s. Kap. 1.5, S. 76 und Abb. 5
			• pRGx sind z.B. über Raster- o. Fassadenpegel identifizierbar:
			  o RAS: ruhiger Außenraum
			  o FAS: ruhige Fassaden ⇨ ruhiger Wohn-/Innenraum
			• pRGx sind umfassend zu verstehen: Lage, Flächengröße u.a. spielen *keine* Rolle (s.a. Kap. 9.3, S. 361), d.h. sie können im Innen- u. Außenraum liegen, von beliebiger Größe sein – vom Großgebiet (~1.000 km²) bis zum Balkon (~1 m²) inkl. ruhiger Fassaden, d.h. niedriger Fassadenpegel (FAS) nach VBEB – etc.
			• **x ≤ 55**, z.B. pRG35, pRG45 o. pRG55, s.a. S. 117: Tab. 19, Nr. 13
			• **x = 35**, d.h. **pRG35** – in dieser Arbeit als *Schwerpunkt* betrachtet
			• x wird weggelassen, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind oder die Aussage für beliebige x gilt

6	pRGyz	potentiell Ruhiges Gebiet mit Qualität zwischen y und z	• y dB(A) < L_{DEN}(Y) ≤ z dB(A)
			  o **y, z** = frei wählbare Zahlen
			  o **Y** = Lärmart = STR, SCH, FLG, GES, ...
			• Verallgemeinertes L_{DEN}-Kriterium:
			  o In Nr. 1 gilt: y = -∞ und daher wird y dort weggelassen

7	wRG	wahres Ruhiges Gebiet	• Ergibt sich aus einer „allumfassenden" Kartierung, die alle Faktoren f_i mit ihren spezifischen Qualitäten Q_i berücksichtigt, inkl. Wechselwirkungen usw. (s. Abb. 5 und S. 325) • Theoretisches Konstrukt, fiktive Bezugsgröße („Referenz")
8	RG	Ruhiges Gebiet	• Oberbegriff: umfassend zu verstehen, analog pRGx, s. Nr. 5 • rein rechtlicher Status, z.B. ein im Lärmaktionsplan festgelegtes RG

Tab. 32: Nomenklatur der Modelle. **S. 166**

Nr.	Modell	Objekte des Modells und Verwendung der Nomenklatur
1	**HEplus-Basis**	• Alle Basisdaten (DGM, ALK, LSW), aber keine Schallquellen
2	**HEplus-STR** **HEplus-SCH** **HEplus-FLG**	• Alle Schallquellen *einer* Lärmart (Straße, Schiene oder Flugverkehr) inkl. aller quellen-spezifischen Fachdaten (= Attribute und Attributwerte) o Hier in Phase 3 wird nur HEplus-STR behandelt o HEplus-SCH folgt in Phase 4a (S. 171) u. HEplus-FLG in Phase 4b (S. 181)
3	**HEplus(STR)** **HEplus(SCH)** **HEplus(FLG)**	• Basisdaten + *eine* der 3 Lärmarten • Das vollständige Berechnungsmodell für CadnaA o Hier in Phase 3: HEplus-Basis + HEplus-STR = HEplus(STR)
4	**HEplus**	• Anstelle von Nr. 3, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind oder wenn Aussagen für alle 3 Modelle (alle 3 Lärmarten) gelten
5	**STR** **SCH** **FLG**	• Anstelle von Nr. 2, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind o. bei allgemeingültigen, nicht auf HEplus beschränkten Aussagen zu den 3 Lärmarten • Anstelle von Nr. 3, aus den gleichen Gründen, insb. wenn später ausschließlich mit HEplus-Basis gearbeitet wird, s. Kap. 7.1.1, S. 272 • Achtung: In Kap. 4.5 ist STR abweichend durch Abb. 21 definiert (s.a. Abb. 22)
6	**GES**	• Gesamtlärm; wird erst in Kap. 7.2.2 (S. 289) eingeführt und erörtert

Tab. 66: Vereinfachte Nomenklatur der Modelle. **S. 273**

Nr.	Nomenklatur		Bedeutung
	vereinfacht	ausführlich	
1	**STR**	HEplus(STR)	Straßenverkehrslärm im Modell HEplus-Basis
2	**SCH**	HEplus(SCH)	Schienenverkehrslärm im Modell HEplus-Basis
3	**FLG**	HEplus(FLG)	Lärm aus Flugverkehr im Modell HEplus-Basis
4	**GES**		Gesamtlärm im Modell HEplus-Basis (s. Kap. 7.2.2, S. 289)
5	**L_{DEN}(Y)**		von Lärmart Y verursachter Pegel, Y = STR, SCH, FLG oder GES
6	**pRGx(Y)**		potentiell Ruhiges Gebiet der Qualität x bei Lärmart Y, d.h. Fläche mit $L_{DEN}(Y) \leq x$ dB(A)

Bedeutung mathematischer* Operatoren und des Begriffs „Faustformel“:** *Auszug aus Tab. 2.* ***S. 12

Nr.	Operator/ Schreibweise	Bedeutung
1	=	sinngemäß gleich, synonym
2	≙	entspricht
3	~	sinngemäß ähnlich, Unterschiede im aktuellen Kontext irrelevant
4	≠	sinngemäß verschieden
5	$\overset{\text{def}}{=}$	die eine Seite wird durch die andere Seite definiert
6	⇨	„daraus folgt“ o. „deshalb“, d.h. die linke Seite bedingt die rechte
7	⇔	Gegenteil, Gegensatz, Vergleich, Unterschied
8	-	*ohne* Leerzeichen (4-2): „bis“; *mit* (2 - 4): Subtraktion (Minuszeichen)
9	…	vorstehende Aufzählung ist nicht abschließend ≙ „u.a.“, „usw.“, …
10	Faustformel	Kennzeichnet Aussagen, die im Regelfall gelten und daher grob richtungsweisend sind. ABER: Sie sind nicht allgemeingültig – im Einzelfall können sie falsch sein, und das Gegenteil kann zutreffen.
11	f(x)	*ohne* Leerzeichen zwischen f und (x): • f ist eine Funktion von x, z.B. L_{DEN}(DTV) • f im Gültigkeitsbereich x, z.B. pRG35(STR) ⇨ pRG35 für Lärmart STR *mit* Leerzeichen zwischen f und (x): • x = erklärender Zusatz zu f

Erklärung

zu den Sachverhalten gemäß § 6 der Promotionsordnung der Fakultät.

Hiermit erkläre ich, Martin Jäschke, dass ich die Dissertation

Lärmkartierung und Ruhige Gebiete

selbständig verfasst habe.
Ich habe nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet.

Ich erkläre weiterhin, dass die oben genannte Dissertation unter der wissenschaftlichen Betreuung von

Herrn Prof. Dr. Wolfgang Wende
Herrn PD Dr. Christian Maschke

angefertigt wurde.

Ich habe die Dissertation in dieser oder ähnlicher Form an keiner anderen Stelle zum Zwecke eines Promotions- oder anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt.

Ich habe noch keinen früheren Promotionsversuch unternommen.

Die Promotionsordnung der Fakultät Architektur der Technischen Universität Dresden ist mir bekannt.

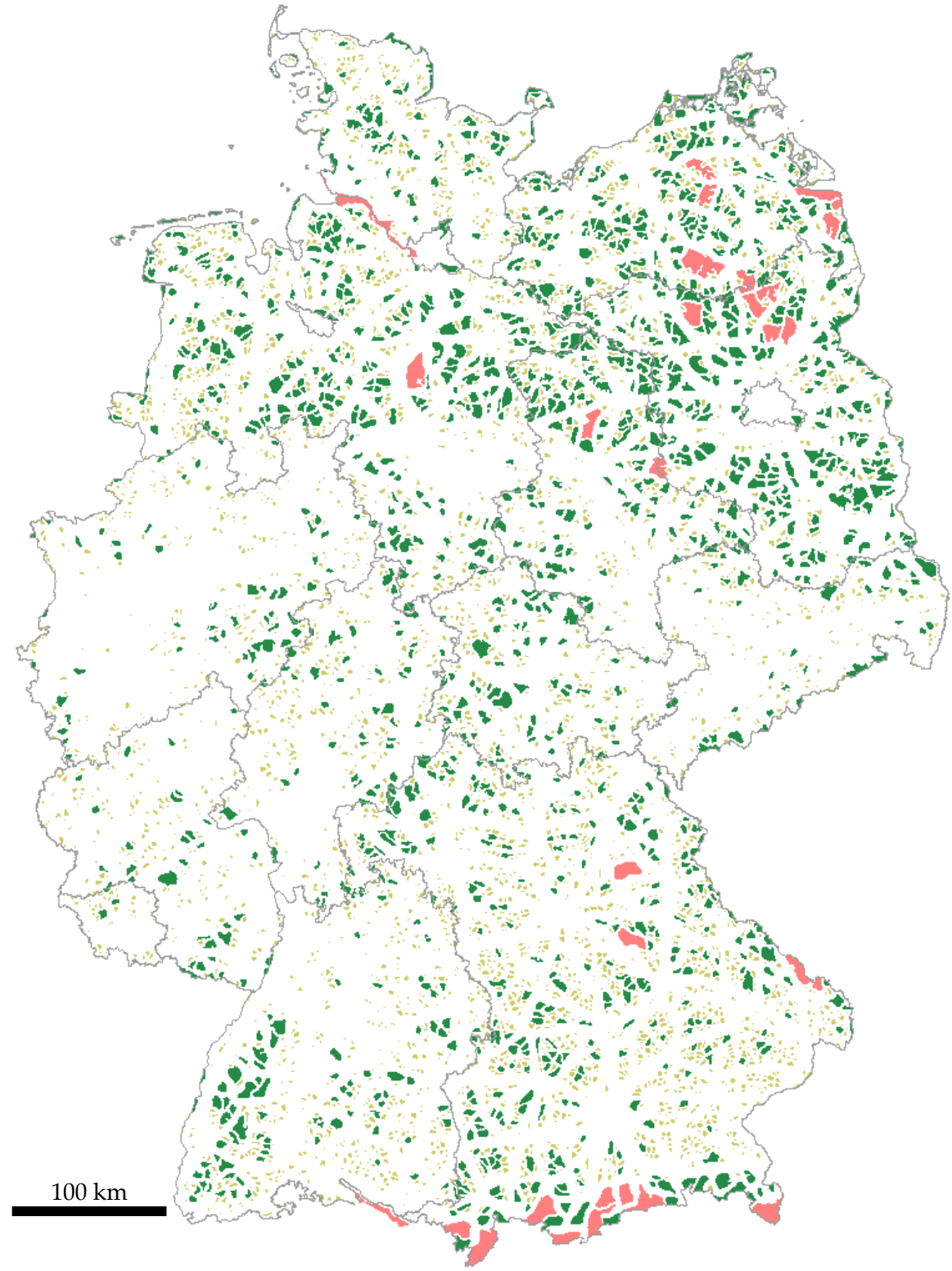
Wiesbaden, den 04. November 2012

Danksagung

Vielen herzlichen Dank!

- dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) für die Unterstützung
- der Fa. ESRI für die im Rahmen Ihres Absolventenprogrammes kostenlos überlassene Software ArcGIS
- Frau Dr. Hildegard Niemann vom Zentrum für Innovative Gesundheitstechnologie ZiG (Berlin), die 2008 den interdisziplinären Kontakt zwischen Akustik und Planung hergestellt und damit einen wichtigen Grundstein für die Arbeit gelegt hat
- den 24 Personen, die den Fragebogen ausfüllten und den insgesamt 8 Interviewpartnern für ihre offenen, ehrlichen und hilfreichen Antworten
- Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Bernhard Müller für die Möglichkeit, am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) in Dresden als „Externer" promovieren zu können und seine freundliche Aufnahme
- Herrn PD Dr. Christian Maschke für die Übernahme der Begutachtung, die anregenden Diskussionen, die gleichermaßen versierte wie auch wohltuend kritische und offene Unterstützung und den dadurch jeweils erneut überspringenden Funken Ansporn
- Herrn Prof. Dr. Wolfgang Wende für seine nicht nachlassende Neugierde an den Ruhigen Gebieten, seine vielen wertvollen fachlichen, methodischen und praktischen Anstöße und Ideen, die in jeder Hinsicht großzügig gewährten Freiräume, die schnellen und präzisen Reaktionen auf alle Anfragen und vor allem für die herzliche Betreuung und Motivation
- Carmen Schweikert, Joachim Janisch, Katja Hammer und Angelika Emmel (Geli) für das sorgfältige Korrekturlesen, Eure vielen hilfreichen Tipps und Anregungen
- Geli, Mama, Papa und allen Freunden für das entgegengebrachte Verständnis für den länger andauernden Ausnahmezustand und Eure beharrliche Zuversicht
- Mama und Papa für allen Anfang, den Weg und das Zuhause
- Geli für wirklich alles und mehr als sich in Worte fassen lässt – Danke!

Wiesbaden, den 04. November 2012



Bundesland

potentiell Ruhige Gebiete pRG35(GES) mit Flächen:

- A > 100 km²
- A = 10-100 km²
- A ≤ 10 km²

Grenzen der Bundesländer, Quelle: Geobasisdaten © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (www.bkg.bund.de)