

**Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit**

Aufgabenschwerpunkt „Nachhaltige Mobilität und Immissionsschutz“

Forschungskennzahl (UFOPLAN) 3710 55 146

**Umgebungslärmrichtlinie:
Verfahren zur Identifizierung von Lärmbrennpunkten**

von
Kerstin Giering

Hochschule Trier, Standort Umwelt-Campus Birkenfeld

**IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES**

Oktober 2012

Kurzbeschreibung

Die Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG gibt nur allgemeine Hinweise darauf, wann im Rahmen der Lärmaktionsplanung Lärminderungsmaßnahmen geplant und durchgeführt werden müssen. Sie nennt weder einzuhaltende Lärmgrenzwerte, noch legt sie fest, dass Maßnahmen ab einer bestimmten Anzahl von Lärmbetroffenen ergriffen werden müssen. Es ist vielmehr Aufgabe der für die Lärmaktionsplanung zuständigen Behörden, die Lärmsituation im Einzelnen zu bewerten und Kriterien für die Lärmaktionsplanung zu entwickeln. Dabei ist die Höhe der Lärmpegel allein kein hinreichendes Kriterium für die Entscheidung, an welchen Orten die Durchführung von Maßnahmen im Rahmen der Lärmaktionsplanung notwendig ist. Zu berücksichtigen ist vielmehr auch, wie viele Menschen welchen Lärmpegeln ausgesetzt sind. Neben diesen quantitativen Kriterien zur räumlichen Identifikation von Lärmbrennpunkten („Hotspots“) erscheint es sinnvoll, auch eine qualitative Bewertung der Lärmsituation vorzunehmen.

Im Rahmen des Arbeitspakets (AP) 3 wird eine detaillierte Literaturanalyse durchgeführt. Hierbei werden zum einen die in der 1. Stufe aufgestellten Lärmaktionspläne deutscher Kommunen, insbesondere Ballungsräume, sowie europäische Ballungsräume ausgewertet. Zum anderen wird die einschlägige nationale und internationale Literatur analysiert.

Die gefundenen Hotspot-Identifizierungsverfahren werden für ein Testgebiet berechnet und grafisch dargestellt und bewertet. Daraus abgeleitet wird ein Vorschlag für eine zweistufige Herangehensweise entwickelt: Die Berechnung eines Hotspotmaßes (HSM) und eine qualitative Bewertung der Hotspots mit Hilfe eines Indikatorensystems.

Abstract

The Environmental Noise Directive 2002/49/EG can only indicate in general when the noise action planning has to be planned and implemented for the noise abatement measures. Neither does it mention the restricted noise limits nor does it define that arrangements have to be taken once a certain number of people is affected by noise. It is instead the task of the appropriate authority responsible for the noise action planning to evaluate the noise situation and develop criteria for a noise action planning. The intensity of the noise level itself is not a sufficient criterion for deciding where the implementations of the arrangements are necessary for the noise action planning. It must also be considered how many people are forced to listen to different noise levels. It seems sensible to run a qualitative evaluation of the noise situation besides the quantitative criteria for the spatial identification from the hot spots.

A detailed analysis of the literature will be made as a part of the work package 3. The noise action plans from level one made by the German communities, especially city regions, as well as European city regions will be evaluated. Beyond that the relevant national and international literature is analyzed.

The discovered hotspot identifying processes will be calculated, displayed graphically and evaluated for a test area. A proposal will be derived and a two-tiered strategy will be developed: the calculation of hotspot arrangements and a qualitative evaluation of the hotspots with the assistance of an indicators system.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungen	10
1 Einleitung	11
2 Literaturanalyse	12
2.1 Analyse von Lärmaktionsplänen der 1. Stufe	12
2.1.1 Lärmaktionspläne Deutschland	12
2.1.2 Lärmaktionspläne Europa	13
2.1.3 Nationale und internationale Literatur	14
3 Hotspot-Identifizierungsverfahren auf der Basis von Pegel und Einwohnerzahl	16
3.1 Vorbemerkung	16
3.2 Zeit- und Wertebereich	16
3.3 Schwellenwertsetzung	17
3.4 Lineare Ansätze	18
3.4.1 Lärmkennziffer	18
3.4.2 Betroffene pro Straßenabschnitt	18
3.5 Exponentielle Ansätze	19
3.5.1 Noise Score (NS)	19
3.5.2 Bayrisches Lärmbewertungsmaß (P-Wert)	20
3.6 Population Indicators	21
3.7 Andere Pegelmaße	24
3.8 Ansätze, die die Lärmbelastigung berücksichtigen	24
3.9 Weitere Größen und Parameter	27
3.10 Aussagen von Leitfäden und Projektberichten	30
3.11 Berücksichtigung der Mehrquellenbelastung	31
3.12 Berücksichtigung von bekannten Lärmbrennpunkten	33
4 Zusammenstellung der verwendeten Verfahren in den ausgewerteten LAP der Ballungsräume	35
4.1 Karlsruhe	35
4.2 Mannheim	35
4.3 Stuttgart	37
4.4 Augsburg	38
4.5 München	40
4.6 Berlin	41
4.7 Bremen	42
4.8 Hamburg	42
4.9 Frankfurt und Wiesbaden	42
4.10 Hannover	42
4.11 Aachen	43
4.12 Bielefeld	43
4.13 Bochum	44
4.14 Bonn	45
4.15 Dortmund	45
4.16 Duisburg	46
4.17 Düsseldorf	47
4.18 Essen	48
4.19 Gelsenkirchen	49
4.20 Köln	50
4.21 Mönchengladbach	50

4.22	Wuppertal.....	51
4.23	Dresden.....	51
4.24	Leipzig.....	53
4.25	Magdeburg	53
4.26	Kiel.....	54
4.27	Tabellarische Übersicht.....	54
5	Vorschlag für ein Hotspot-Identifizierungsverfahren	56
5.1	Test der Verfahren	56
5.2	Vorschlag für ein Verfahren	64
5.2.1	Anforderungen	64
5.2.2	Vorschlag für ein Hotspotmaß (HSM).....	65
6	Ausblick.....	70
7	Fazit.....	71
8	Quellenverzeichnis	72

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Prinzipieller Verlauf des Noise Scores (Stadt Essen, 2010).....	20
Abb. 2:	Normierter P-Wert zur Priorisierung (Landeshauptstadt München, 2012, Anhang 1).....	21
Abb. 3:	Räumliche Abgrenzung der Berechnungsflächen für den ECU _{den} (Clairbois, 2009)	22
Abb. 4:	Zusammenhang zwischen HA und G _{den} (Weber und Jabben, 2010)	23
Abb. 5:	Darstellung des G _{den} für das Gebiet Rijnmond (Weber und Jabben, 2010)	24
Abb. 6:	Hotspots auf der Basis von HA und Darstellung von besonders belasteten Gebäuden (Berndt et al, 2009).....	25
Abb. 7:	Darstellung von Bereichen mit erhöhter gesundheitlicher Belastung (Bloguet et al., 2005).....	26
Abb. 8:	Beispielhafte Pegel- und Betroffenenverteilung (van den Berg, 2006) ...	28
Abb. 9:	Anzahl Betroffene über Schwellenwert (Hintzsche und Popp, 2009)	29
Abb. 10:	Darstellung von Mehrquellenbelastung, Hotspots, Duisburg / Oberhausen (Stadt Duisburg, 2010).....	32
Abb. 11:	Darstellung von Mehrquellenbelastung, Pegel über 70dB(A), Bremen (Freie Hansestadt Bremen, 2009).....	32
Abb. 12:	Lärmwahrnehmung durch die Öffentlichkeit, Bielefeld (Stadt Bielefeld, 2010)	33
Abb. 13:	Vorschläge durch die Öffentlichkeit, Köln (Stadt Köln, 2011)	34
Abb. 14:	Hotspots Straßenverkehr, Karlsruhe (Stadt Karlsruhe, 2009)	35
Abb. 15:	Aktionsbereiche Straßenverkehr, Mannheim (Stadt Mannheim, 2008) und rechts räumliche Abgrenzung der Aktionsbereiche Straßenverkehr, Mannheim (Stadt Mannheim, 2008), Ausschnitt.....	36
Abb. 16:	Hotspots, Stuttgart (Landeshauptstadt Stuttgart, 2009)	37
Abb. 17:	Priorisierung der Lärmschwerpunkte, Stuttgart (Landeshauptstadt Stuttgart, 2009)	37
Abb. 18:	Hotspots (Fassadenpegel L _{Night} > 60 dB(A)) Straße, Augsburg (Stadt Augsburg, 2009)	38
Abb. 19:	Hotspots Straßenbahn, Augsburg (Stadt Augsburg, 2009)	39
Abb. 20:	Priorisierung der Hotspots Straßenbahn, Augsburg (Stadt Augsburg, 2009)	39
Abb. 21:	Priorisierung der Untersuchungsgebiete, München (Landeshauptstadt München, 2012).....	40
Abb. 22:	„Untersuchungsgebiete“ Straße, München (Landeshauptstadt München, 2012), Ausschnitt.....	40
Abb. 23:	Hotspot-Analyse, Berlin (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, 2008).....	41
Abb. 24:	Straßenabschnitte über Schwellenwert, Berlin (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, 2008)	41
Abb. 25:	Hotspots Straße, Frankfurt/Main (Regierungspräsidium Darmstadt, 2010)	42
Abb. 26:	Belastungsstufen, Hannover (Landeshauptstadt Hannover, 2009)	43
Abb. 27:	Hotspots Straße, Bielefeld (Stadt Bielefeld, 2010).....	44
Abb. 28:	Hotspots Straße, Bochum (Stadt Bochum, 2010)	44
Abb. 29:	Belastungsachsen, Bonn (Stadt Bonn, 2011), Ausschnitt	45
Abb. 30:	Betroffenheiten, Duisburg (Stadt Duisburg, 2010).....	46

Abb. 31:	Belastungsachsen, Duisburg (Stadt Duisburg, 2010).....	46
Abb. 32:	Priorisierte Straßenabschnitte, Düsseldorf (Landeshauptstadt Düsseldorf, 2011), Ausschnitt.....	47
Abb. 33:	Lärmbrennpunkte, Essen (Stadt Essen, 2010)	48
Abb. 34:	Betroffenendarstellung, Gelsenkirchen (Stadt Gelsenkirchen, 2009).....	49
Abb. 35:	Belastungsschwerpunkte, Köln (Stadt Köln, 2011)	50
Abb. 36:	Belastungsachsen, Mönchengladbach (Stadt Mönchengladbach, 2012)...	51
Abb. 37:	Betroffenen-Index, Dresden (Landeshauptstadt Dresden, 2009)	52
Abb. 38:	Lauteste Straßen, Dresden (Landeshauptstadt Dresden, 2009).....	52
Abb. 39:	Hotspot-Analyse GKZ, Magdeburg (Landeshauptstadt Magdeburg, 2009)	53
Abb. 40:	LKZ (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik)	57
Abb. 41:	NS (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik)	58
Abb. 42:	P-Wert (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik)	58
Abb. 43:	UCE _{den} (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik).....	59
Abb. 44:	HA (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik)	59
Abb. 45:	LKZ (prozentual), natürliche Klassifizierung (eigene Grafik)	60
Abb. 46:	NS (prozentual), natürliche Klassifizierung (eigene Grafik).....	60
Abb. 47:	HA (prozentual), natürliche Klassifizierung (eigene Grafik)	61
Abb. 48:	NS (Anteil des maximalen Werts) (eigene Grafik)	61
Abb. 49:	LKZ (prozentual), lineare Klassifizierung, Schwellenwert 70 dB(A) (eigene Grafik)	62
Abb. 50:	LKZ (prozentual), lineare Klassifizierung, Rastergröße 50 m x 50 m (eigene Grafik)	62
Abb. 51:	LKZ (prozentual), lineare Klassifizierung, Rastergröße 20 m x 20 m (eigene Grafik)	63
Abb. 52:	Bevölkerungsdichte über Schwellenwert 70 dB(A), Rasterlärmkarte (eigene Grafik)	63
Abb. 53:	Beispiel Bewertungsspinne (eigene Grafik).....	69

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Lärmaktionspläne Deutschland.....	12
Tab. 2:	Lärmaktionspläne Europa	14
Tab. 3:	Hotspot-Identifizierungsverfahren in Lärmaktionsplänen Deutschland...	54
Tab. 4:	Wertebereich der Hotspot-Identifizierungsverfahren im Testgebiet	57
Tab. 5:	Indikatoren zur Bewertung der identifizierten Hotspots	68

Abkürzungen

A	Annoyed
BAB	Bundesautobahn
BPS	Building Prioritization Score
C	Critically Index
DSS	Decision Supporting System
DTV	Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke
DW	Dosis-Wirkung
EBA	Eisenbahnbundesamt
ECU	Exposure Comparison Unit
EW	Einwohner
FPL	First Priority Location
G_{den}	Group Noise Level
GIS	Geografisches Informationssystem
GKZ	Gebäudekennzahl
HA	Highly Annoyed
HSD	Highly Sleep Disturbed
HS	Hotspot
HSM-LKZ	Hotspotmaß auf der Basis der Lärmkennziffer
IRIS	Frz. Abk. für Indikator zur Berücksichtigung gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch Lärm
LAP	Lärmaktionsplan / Lärmaktionsplanung
L_{DEN}	Lärmindikator für 24 Stunden
$L_{DEN,pop}$	Population Indicator
LKZ	Lärmkennziffer
L_{Night}	Lärmindikator für die Nacht
LPI	Link Priority Index
LSW	Lärmschutzwand
MABPS	Multi Annoyance Building Priorization Score
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NS	Noise Score
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P	P-Wert (Lärmbewertungsmaß)
P	Priorization Index
P.A.I.	Population Annoyance Index
PPI	Parcel Priority Index
SPI	Støyplageindeks (norweg.)
SPS	Source Priorization Score
SUS	Sound Utilization Space
TEI	Technical Economic Index
UCE_{DEN}	Unité Comparative d'Exposition au bruit
VBEB	Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm

1 Einleitung

Die Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG [Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm] gibt nur allgemeine Hinweise darauf, wann im Rahmen der Lärmaktionsplanung (LAP) Lärminderungsmaßnahmen geplant und durchgeführt werden müssen. Sie nennt weder einzuhaltende Lärmgrenzwerte, noch legt sie fest, dass Maßnahmen ab einer bestimmten Anzahl von Lärmbetroffenen ergriffen werden müssen. Auch im nationalen Rahmen gibt es keine verbindlich vorgeschriebenen Auslöse-, Richt- oder Grenzwerte für die Aktionsplanung.

Die Höhe der Lärmpegel allein ist kein hinreichendes Kriterium für die Entscheidung, an welchen Orten die Durchführung von Maßnahmen im Rahmen der Lärmaktionsplanung notwendig ist. Zu berücksichtigen ist vielmehr auch, wie viele Menschen welchen Lärmpegeln ausgesetzt sind. Neben diesen quantitativen Kriterien zur räumlichen Identifikation von Lärmbrennpunkten („Hotspots“) erscheint es sinnvoll, auch eine qualitative Bewertung der Lärmsituation vorzunehmen und dabei beispielsweise Aspekte wie Mehrquellenbelastung, Nähe zu ruhigen Gebieten / Parks / Grünflächen, Wohnqualität, Aufenthaltsqualität im Straßenraum, besonderes schutzwürdige Nutzungen und wirkungsbezogene Kenngrößen zu berücksichtigen und in Form von Kennzahlen / Indikatoren auszudrücken.

Für dieses Arbeitspaket 3 wird deshalb zunächst eine detaillierte Literaturanalyse durchgeführt. Hierbei werden zum einen die in der 1. Stufe aufgestellten Lärmaktionspläne deutscher Kommunen, insbesondere Ballungsräume, sowie europäische Ballungsräume - soweit zugänglich und auswertbar - analysiert. Zum anderen wird die einschlägige nationale und internationale Literatur (Fachzeitschriften, Fachpublikationen, Tagungsbände) hinsichtlich dieser Fragestellungen ausgewertet.

Auf der Basis der gesichteten Literatur sollen die verschiedenen Verfahren zur Identifizierung von Lärmbrennpunkten gegenübergestellt und bewertet werden. Dabei soll ein Verfahren herausgestellt werden, dass sich am besten für die „Hotspot-Detektion“ eignet.

2 Literaturanalyse

2.1 Analyse von Lärmaktionsplänen der 1. Stufe

2.1.1 Lärmaktionspläne Deutschland

Durch den Auftraggeber, das Umweltbundesamt, wurden die durch die Kommunen übermittelten Lärmaktionspläne (LAP) zur Verfügung gestellt. Dabei handelte es sich jedoch meistens um die nach Anhang V der Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG geforderte Kurzfassung von nicht mehr als 10 Seiten. Diese war hinsichtlich der Kriterien der Analyse i.Allg. nicht aussagekräftig. Die Kurzfassung erlaubte es i.d.R. auch nicht, spezielle Aspekte, bspw. den Umgang mit einer Mehrquellenbelastung herauszulesen.

Deshalb wurden im Rahmen einer Internetrecherche auf den Webseiten der Ballungsräume die Lärmaktionspläne heruntergeladen. Diese Analyse fand bereits in 2011 statt. Zu diesem Zeitpunkt waren noch nicht von allen Ballungsräumen (bspw. München, Nürnberg, Aachen) die LAP verabschiedet und veröffentlicht. Deshalb wurde bei den Kommunen gezielt telefonisch zum Stand der Erstellung des LAP nachgefragt (bspw. Aachen). Eine erneute Abfrage der noch ausstehenden LAP erfolgte im Juli 2012.

Von vielen LAP ist über das Internet nur das Hauptdokument zugänglich; Anhänge und Anlagen - und damit auch Pläne - stehen häufig nicht zur Verfügung. Deshalb wurde zusätzlich per Mail und Telefon nach diesen Dokumenten gefragt.

Um für jedes Bundesland wenigstens einen LAP auswerten zu können, wurden zumindest auch die Landeshauptstädte mit berücksichtigt, auch wenn diese keine Ballungsräume der 1. Stufe sind. Folgende LAP wurden untersucht¹:

Tab. 1: Lärmaktionspläne Deutschland

Land	Ballungsraum/Kommune	Bemerkung
Baden-Württemberg	Baden-Baden	Kein Ballungsraum
	Karlsruhe	
	Mannheim	
	Reutlingen	
	Stuttgart	
Bayern	Augsburg	Liegt noch nicht vor Kein Ballungsraum
	München	
	Nürnberg	
	Schweinfurt	
Berlin	Berlin	
Bremen	Bremen	
Hamburg	Hamburg	
Hessen	Frankfurt	LAP zentral durch Regierungspräsidium Darmstadt erstellt
	Wiesbaden	

¹ Nur die in der Tabelle aufgeführten LAP sind im Literaturverzeichnis enthalten. Im Text werden weitere LAP erwähnt, diese wurden hier nicht berücksichtigt.

Land	Ballungsraum/Kommune	Bemerkung
Mecklenburg-Vorpommern	Rostock	Kein Ballungsraum
	Schwerin	Kein Ballungsraum
Niedersachsen	Hannover	
Nordrhein-Westfalen	Aachen	Nur im Entwurf
	Bielefeld	
	Bochum	
	Bonn	
	Dortmund	
	Duisburg-Oberhausen	
	Düsseldorf	
	Essen	
	Gelsenkirchen	
	Köln	
	Mönchengladbach	
Wuppertal	Liegt noch nicht vor	
Rheinland-Pfalz	Mainz	Kein Ballungsraum
Saarland	Saarbrücken	Kein Ballungsraum
Sachsen	Dresden	
	Leipzig	
Sachsen-Anhalt	Magdeburg	Kein Ballungsraum
Schleswig-Holstein	Kiel	
Thüringen	Erfurt	Kein Ballungsraum

2.1.2 Lärmaktionspläne Europa

Durch den Auftraggeber wurde der Link zur Seite der Europäischen Kommission zur Verfügung gestellt, über den LAP abrufbar sind <http://www.circa.europa.eu/>. Auch hier finden sich, wie unter 2.1.1 beschrieben, i.Allg. nur die Kurzfassungen.

Deshalb wurde, wie auch bei den nationalen LAP, versucht, gezielt über die Internetauftritte der Kommunen, die Langfassung der LAP zu bekommen. Da vermutet wurde, dass die LAP der Niederlande ggf. die Hotspot-Analyse auf der Basis der HA-Kurven („Highly Annoyed“) durchführen, da diese maßgeblich von Miedema et al. (Miedema und Oudshoorn, 2001) beim TNO, Niederlande entwickelt wurden, wurde versucht, durch gezieltes Ansprechen niederländischer Kollegen Zugang zu LAP bzw. Dokumenten, die die Vorgehensweise bei der Hotspot-Analyse beschreiben, zu bekommen. Ansonsten wurde aus sprachlichen Gründen die Auswahl auf Österreich, Großbritannien und Irland beschränkt.

Tab. 2: Lärmaktionspläne Europa

Land	Ballungsraum/Kommune/Quelle	Bemerkung
Österreich	Wien	Kein Ballungsraum
	Salzburg	
Luxemburg	Luxemburg	
Niederlande	Utrecht	Provinz Utrecht, Langfassung Internet
	Alle Ballungsräume	Mailkontakt Miedema, Kurzfassung
	Flughafen Schiphol	Mailkontakt Miedema, Kurzfassung
	Schiene Straße	Mailkontakt Miedema, Kurzfassung Mailkontakt Miedema, Kurzfassung
Großbritannien	Liverpool	Kein Ballungsraum
	London	
	Swansea/Neath Port Talbot	
	Wales/Straße	
Irland	Dublin	Kein Ballungsraum
	Limerick	

2.1.3 Nationale und internationale Literatur

Die Umgebungslärmrichtlinie wurde 2002 verabschiedet. Die erste Stufe der Lärmkartierung / Lärmaktionsplanung fand 2007 / 2008 statt. Deshalb wurde, in Absprache mit dem Auftraggeber, Literatur ab 2002 ausgewertet.

Im deutschsprachigen Raum ist die „Zeitschrift für Lärmbekämpfung“ bzw. „Lärmbekämpfung“ einschlägig. Hier wurden jahrgangweise die Inhaltsverzeichnisse auf relevante Themen durchgesehen.

An englischsprachiger Literatur wurden die folgenden Zeitschriften recherchiert:

- Journal of the Acoustical society of America
- Acta Acustica

Dabei wurden die Inhaltsverzeichnisse online eingesehen und interessant erscheinende Literatur per Fernleihe bestellt.

Entsprechend der INCE-Klassifizierung (Institute of Noise Control Engineering) wurden Artikel der Gebiete „Immission: Physical aspects of environmental noise (Multiple sources and multiple paths)“, hier die Unterpunkte „50 General“ and „52 Community noise control“ sowie „Immission: Effects of noise“, hier die Unterpunkte „60 General“, „66 Sociological effects: community reaction to noise“, „68 Environmental impact statements“ and „69 Criteria and rating of noise“ in die Analyse einbezogen.

Ferner wurden die Tagungsberichte von:

- INTERNOISE
- EURONOISE
- Forum Acusticum
- European Conference on Noise Control
- International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (ICENCE)
- International Congress on Sound and Vibration (ICSV)

- International Congress on the Biological Effects of Noise (ICBEN)
- DAGA

eingesehen und ausgewertet soweit sie über Fernleihe, Internetrecherche und Auftraggeber zugänglich waren.

Es wurden Statutsberichte zu EU-Projekten (bspw. QCity, HUSH, SILENCE), UBA-Berichte (Silent City), Technical reports (bspw. „Good practice guide on noise exposure and potential health effects“) sowie VDI-Richtlinien (VDI 3722-2) in der Auswertung berücksichtigt.

Die Leitfäden der Bundesländer zur Lärmaktionsplanung wurden ebenfalls in das Quellenstudium einbezogen.

Wenn im Folgenden der Begriff „Literatur“ verwendet wird, wird i.Allg. nicht zwischen LAP, Zeitschriftenaufsatz oder Tagungsband unterschieden.

3 Hotspot-Identifizierungsverfahren auf der Basis von Pegel und Einwohnerzahl

3.1 Vorbemerkung

Die in der Literatur verwendeten (und im nachfolgenden Text zitierten) Begriffe sind nicht einheitlich gewählt. So werden die Begriffe Schwellenwert, Anhaltswert, Auslösewert, Auslöseschwelle synonym gebraucht. Hotspots werden auch als Belastungsschwerpunkte, Lärmbrennpunkte, Lärmschwerpunkte, Belastungsachsen, Aktionsbereiche bezeichnet. Mit den Begriffen Kategorie, Belastungsstufe ist häufig bereits eine Priorisierung der Hotspots verbunden. Dabei ist die Priorisierung i. Allg. zeitlich gemeint und resultiert aus der „Stärke“ des Hotspots (Pegelüberschreitung, Anzahl Betroffener) und damit der Dringlichkeit der Durchführung von Maßnahmen.

Die Tiefe der Beschreibung des gewählten Verfahrens zur Hotspot-Analyse ist sehr unterschiedlich. Zum Teil wird nur die Zielstellung genannt und das Ergebnis in Form einer Grafik präsentiert, in einigen LAP wird das Verfahren sehr detailliert und nachvollziehbar beschrieben, manchmal allerdings in einem primär nicht zugänglichen Anhang des LAP. Häufig wird auch nicht angegeben, ob in die Hotspot-Analyse die nach VBEB (VBEB, 2007) berechneten Rundumfassadenpegel oder die Maximalwerte der Fassadenpegel einfließen².

In den LAP deutscher Städte zeigt sich häufig ein Zusammenhang zwischen der verwendeten Methode und der Software, welche bei der LAP zum Einsatz kommt bzw. dem Büro, das die Kommune unterstützt hat. Dieses begründet sich damit, dass in den schalltechnischen Programmen bestimmte Verfahren zur Hotspot-Analyse bereits implementiert sind und damit die Verwendung anderer Verfahren aufwändiger, ggf. nur mit Unterstützung von GIS-Tools, möglich ist.

Eine Hotspot-Identifizierung setzt voraus, dass alle „lärmrelevanten“ Straßenabschnitte kartiert wurden. Dazu ist es ggf. erforderlich, die Kartierung zu ergänzen, um Straßen mit einer Verkehrsmenge unter dem Schwellenwert, aber hohen Emissionspegeln (bspw. im Bereich von Straßenschluchten oder gepflasterten Bereichen sowie Straßenabschnitte mit sehr hohen Lkw-Anteilen oder höheren zulässigen Geschwindigkeiten) zu berücksichtigen.

3.2 Zeit- und Wertebereich

Im Rahmen der Lärmkartierung werden die Lärmindikatoren L_{DEN} und L_{Night} berechnet und dargestellt. Der L_{DEN} umfasst Werte ab 55 dB(A), der L_{Night} ab 50 dB(A). Im urbanen Bereich ist dieser untere Berechnungswert ausreichend, um Hotspots festzulegen, allerdings muss bei einer Maßnahmenplanung berücksichtigt werden, dass Lärmwirkungen (Belästigung, Schlafstörung) bereits bei deutlich niedrigeren Pegeln einsetzen.

Welcher Lärmindikator - oder ob beide - für eine Hotspot-Identifizierung Anwendung finden soll, wird in der Literatur unterschiedlich angegeben. So wird in Bayern (Bayrisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, 2008) empfohlen, den Indikator L_{Night} heranzuziehen (Primat des Schutzes der Nachtruhe), in SILENCE (SILENCE, o.J.) wird angeregt, den „sensibleren“ von beiden zu verwenden, der Noise Score wie auch der ECU beruhen auf dem L_{DEN} .

Welcher Lärmindikator für eine Hotspot-Identifizierung geeigneter ist, lässt sich nicht allgemein beantworten: Geht man von den in Deutschland für Straßen- und Schienenverkehrslärm festgesetzten Unterschieden in den Grenzwerten für Tag und Nacht von 10 dB aus, so sind stärkere Konflikte für den Nachtzeitraum zu erwarten; dies gilt im besonderen Maße für Schienenstrecken mit hohen Güterverkehrsanteilen und für

² Bei den LAP deutscher Gemeinden ist davon auszugehen, dass der Rundumfassadenpegel zugrunde liegt.

BAB mit hohen Lkw-Anteilen nachts. Inwiefern die Hotspots nachts stärker ausgeprägt sind, hängt allerdings wesentlich auch von der Schwellenwertsetzung ab³. Ferner muss berücksichtigt werden, welche Maßnahmen zur Lärminderung vorgesehen werden sollen: Ist es bspw. möglich, Verkehrsmanagementmaßnahmen (wie Lkw-Fahrverbote oder Geschwindigkeitsreduzierungen) für den Nachtzeitraum umzusetzen, ist es sinnvoll, auch den Indikator L_{Night} zu einer Hotspot-Identifizierung zu nutzen.

Sollen andere als nur Pegelkriterien in eine Hotspot-Identifikation einfließen, ist zu prüfen, wovon diese Indikatoren abhängen: Das Belästigungsurteil wird wesentlich durch den L_{DEN} manifestiert; auch die Zunahme gesundheitlicher Risiken wie Herzinfarkt (Babisch, 2006) oder Blutdruck (de Kluizenaar et al., 2007) korrelieren eher mit dem L_{DEN} . Soll bspw. die Aufenthaltsqualität im Freien oder die Nähe zu einem ruhigen Gebiet mit bewertet werden, ist hierfür ebenfalls der Indikator L_{DEN} heranzuziehen.

3.3 Schwellenwertsetzung

Weder die Umgebungslärmrichtlinie noch ihre Umsetzung in deutsches Recht legen Auslöse-, Richt- oder Grenzwerte für die Aktionsplanung fest. In vielen Aktionsplänen wird deshalb ein Schwellenwert als Auslösekriterium für die Durchführung von Maßnahmen und / oder die Hotspot-Analyse (Priorisierung) festgesetzt. Im den Hinweisen zur Lärmaktionsplanung in Baden-Württemberg (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2007) wird beispielweise das Wertepaar 70 / 60 dB(A) für die Lärmindikatoren L_{DEN} / L_{Night} genannt, ebendiese gelten auch in Nordrhein-Westfalen (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, 2008). Auch für Bayern (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, 2008) wird dieses Schwellenwertpaar genannt, zusätzlich müssen hier mindestens 50 Menschen betroffen sein, im LAP Bremen (Freie Hansestadt Bremen, 2009) werden 40 Betroffene gefordert.

Schwellenwerte dienen auch der zeitlichen Priorisierung der Maßnahmendurchführung. So werden bspw. die Werte 70 / 60 dB(A) für kurzfristige, 65 / 55 dB(A) für mittelfristige und 60 / 50 dB(A) für langfristige Zielsetzungen genannt (bspw. Saarbrücken (Landeshauptstadt Saarbrücken, 2008)), ähnlich auch Bremen (Freie Hansestadt Bremen, 2009)).

Schwellenwerte werden auch zur Identifizierung der Lärmbrennpunkte benutzt: Bspw. werden im LAP der Stadt Augsburg (Stadt Augsburg, 2009) diese dadurch gefunden, dass für die Straßenabschnitte mit Pegeln über diesen Werten die jeweilige Anzahl Betroffener ermittelt und eine Priorisierung über deren Anzahl vorgenommen wird (tabellarische und grafische Darstellung).

Im LAP Duisburg-Oberhausen (Stadt Duisburg, 2010) werden Gebäude mit Pegeln > 70 / 60 dB(A) betrachtet. Ihr räumlicher Zusammenhang definiert „Belastungsachsen“.

Schwellenwerte werden auch im LAP Stuttgart (Landeshauptstadt Stuttgart, 2009) zur Aufstellung von Belastungskategorien für Lärmschwerpunkte herangezogen. Hier wird gleichzeitig eine Mehrquellenbelastung mit berücksichtigt.

Eine Darstellung der über Schwellenwerte gefundenen Hotspots ist grafisch möglich (linienhafte Darstellung: betroffene Straßenabschnitte oder flächenhafte Darstellung: betroffenen Bereiche in der Umgebung der Straße).

Schwellenwerte gehen auch in Hotspot-Identifizierungsverfahren ein (s.u.).

³ So ist bei gleichem Schwellenwert (bspw. 65dB(A)) ein Hotspot für den L_{DEN} i.Allg. deutlich ausgeprägter als der Hotspot für den L_{Night} .

3.4 Lineare Ansätze

Es werden in der Literatur unterschiedliche lineare Ansätze zur Hotspot-Detektion aufgeführt. Die Struktur ist stets die multiplikative Verknüpfung von Pegel (über Schwellenwert) und Zahl Betroffener.

3.4.1 Lärmkennziffer

Das Konzept der Lärmkennziffer (LKZ) wurde 1988 von Bönninghausen und Popp (Bönninghausen und Popp, 1988) vorgeschlagen. Die LKZ wurde ursprünglich für die Stadt- und Verkehrsplanung zum Variantenvergleich entwickelt; es sollten neben nutzungsspezifischen Konfliktsituationen auch die Aufenthaltsqualität im Straßenraum oder in städtischen Freiflächen bewertet werden. Als Schwellenwerte dienten deshalb baugebietsspezifische „Soll-Lärmpegel“ in Anlehnung an die DIN 18 005 (DIN, 1987): Für allgemeine Wohngebiete (WA): tags 55 dB(A) und nachts 45 dB(A), für Mischgebiete (MI) 60 dB(A) und 50 dB(A) und für Kerngebiete (MK) 65 dB(A) und 55 dB(A). Die Umgebungslärmrichtlinie sieht eine Berücksichtigung der Gebietsnutzung nicht explizit vor; an die Stelle der Tag- und Nachtpegel sind die Lärmindikatoren L_{DEN} und L_{Night} getreten. Im urbanen Bereich sind diese „Soll-Lärmpegel“ für eine Hotspot-Erkennung deutlich zu niedrig.

Die Lärmkennziffer berechnet sich nach

$$LKZ = \sum_{i=1}^N n_i (L_i - L_S)$$

mit

- N: Gesamtzahl Betroffener
- L_i : Pegelwert für die Anzahl Betroffener n_i
- L_S : Schwellenwert.

Der Schwellenwert und das Pegelmaß werden in der Literatur unterschiedlich angegeben.

Die LKZ wird i.Allg. normiert, entweder auf die Straßenlänge oder auf eine Fläche. Im gesamtstädtischen Bereich haben sich dabei 100 m bzw. 1 ha als sinnvolle Bezugsgröße herausgestellt; für kleinteiligere Untersuchungen sind auch feinere Unterteilungen möglich.

Das Verfahren der LKZ wird bspw. in den LAP der Städte Berlin (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin, 2008), Erfurt (Landeshauptstadt Erfurt, 2008), Gelsenkirchen (Stadt Gelsenkirchen, 2009), Hamburg (Freie und Hansestadt Hamburg, 2008), Kiel (Landeshauptstadt Kiel, 2008), Frankfurt (Regierungspräsidium Darmstadt, 2010) und Wiesbaden (Regierungspräsidium Darmstadt, 2010) angewendet. Der Schwellenwert liegt dabei in den Städten Berlin, Frankfurt, Wiesbaden und Köln für den L_{DEN} bei 65 dB(A) und für den L_{Night} bei 55 dB(A).

Mit der LKZ ist es leicht möglich, eine Mehrquellenbelastung (bspw. Straße und Schiene / Straßenbahn) zu berücksichtigen: Die entsprechenden LKZ werden einfach addiert.

Die Festlegung von Hotspots im LAP Dresden (Landeshauptstadt Dresden 2009) erfolgt anhand des Betroffenheitsindex BI:

$$BI = [L_{Night} - 55dB(A)] \cdot Einwohneranzahl$$

Wie auch bei der LKZ wird hier eine Mehrquellenbelastung durch Addition der BI-Werte berücksichtigt.

3.4.2 Betroffene pro Straßenabschnitt

In verschiedenen LAP werden Verfahren zur Hotspot-Identifizierung angegeben, bei denen zwischen der betrachteten Größe und dem Pegel / der Pegelüberschreitung sowie der Anzahl der betroffenen Einwohner eine lineare Abhängigkeit besteht. Wie auch bei der LKZ werden diese Größen i.Allg. normiert und mit einer der jeweiligen Größe angepassten Farbdarstellung grafisch veranschaulicht.

Im LAP der Stadt Bielefeld (Stadt Bielefeld 2010) wird ein der LKZ-Ermittlung ähnliches Verfahren angegeben. Es werden je Straßenabschnitt die (nach VBEB anteiligen) Zahlen der Einwohner mit Pegelwerten über 60 dB(A) L_{Night} ermittelt. Deren Anzahl wird durch die Straßenabschnittslänge dividiert. Zur Bewertung wird ein zusätzliches Kriterium eingebracht (s.u.): Der Abschnitt ist in der Lärmaktionsplanung dann vorrangig beachtenswert, wenn im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung hierfür Lärmprobleme benannt wurden. Die Ergebnisse werden grafisch dargestellt und zeigen Schwerpunkte der Lärmbelastung entlang der Hauptverkehrsstraßen.

Im LAP von Düsseldorf (Landeshauptstadt Düsseldorf 2011) erfolgt eine Priorisierung über die umgekehrte Größe: Für alle Straßenabschnitte mit Werten $> 70 / 60$ dB(A) (und > 50 EW) wird der Quotient aus Straßenabschnittslänge und dort lebenden Einwohnern gebildet.

Auch im LAP der Stadt München (Landeshauptstadt München, 2012) wird eine Priorisierung anhand der (jeweils 100 m langen) Straßenabschnitte mit Pegeln größer 70 / 60 dB(A) und der dort herrschenden Bevölkerungsdichte vorgenommen.

Im LAP von Darmstadt (Regierungspräsidium Darmstadt, 2010) (S. 154) wird eine Betroffenheit definiert als:

$$\text{Betroffenheit} = (\text{Anwohner}/100\text{m}) \cdot \text{Grenzwertüberschreitung}$$

(Grenzwert: 70 / 60 dB(A)). Diese Betroffenheit wird, je nach Grad der Ausprägung (0 bis > 450) bepunktet (0 bis 3) und ermöglicht damit die Aufstellung einer Prioritätenliste.

Im LAP Karlsruhe (Stadt Karlsruhe, 2009) wird die Einwohnerdichte in Straßenabschnitten mit $L_{\text{Night}} > 60$ dB(A) ermittelt und farblich differenziert grafisch dargestellt.

3.5 Exponentielle Ansätze

In der Literatur werden verschiedene exponentielle Ansätze angegeben. Die Basis ist dabei unterschiedlich gewählt (bspw. 10 oder 2). Alle exponentiellen Ansätze haben aber prinzipiell ein ähnliches Verhalten, da sie sich nach

$$10^x = e^{0,69x} = 2^{3,23x}$$

ineinander umrechnen lassen.

Bei hohen Pegeln (über einem Schwellenwert) steigt die Größe überproportional an.

Wie auch die anderen Maße zur Hotspot-Identifizierung lassen sich die Größen normieren und grafisch darstellen.

3.5.1 Noise Score (NS)

Der Noise-Score wurde 2006 von Probst (Probst, 2006) vorgeschlagen. Er soll dem Sachverhalt Rechnung tragen, dass eine sehr hohe Lärmbelastung - auch weniger Betroffener - (bspw. bei Pegeln $L_{\text{DEN}} > 80$ dB(A), bei denen Wohnen praktisch nicht mehr zumutbar ist) deutlich stärker bewertet werden sollte als eine „moderate“ Lärmbelastung (ca. 60 dB(A), typisch für Ballungsräume) einer größeren Anzahl von Betroffenen.

Der Noise-Score NS ist für $L_{\text{DEN}} > 65$ dB(A)⁴ folgendermaßen definiert:

⁴ Bei Werten > 65 dB(A) werden gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Lärm zunehmend relevant.

$$NS = \sum_{i=1}^N n_i \cdot 10^{0,30(L_{DEN,i}-57,5-dl+dL_{Source})}$$

Dabei berücksichtigt dl eine von der durchschnittlichen Schalldämmung abweichende Schalldämmung und dL_{Source} ist ein Korrekturterm für unterschiedliche Lärmquellen.

Für Pegel $L_{DEN} < 65$ dB(A) gilt ein weniger stark ansteigender, ebenfalls exponentieller Zusammenhang. Auch bei geringen Betroffenenzahlen erreicht der NS bei hohen Pegeln sehr hohe Werte (s. Abbildung 1).

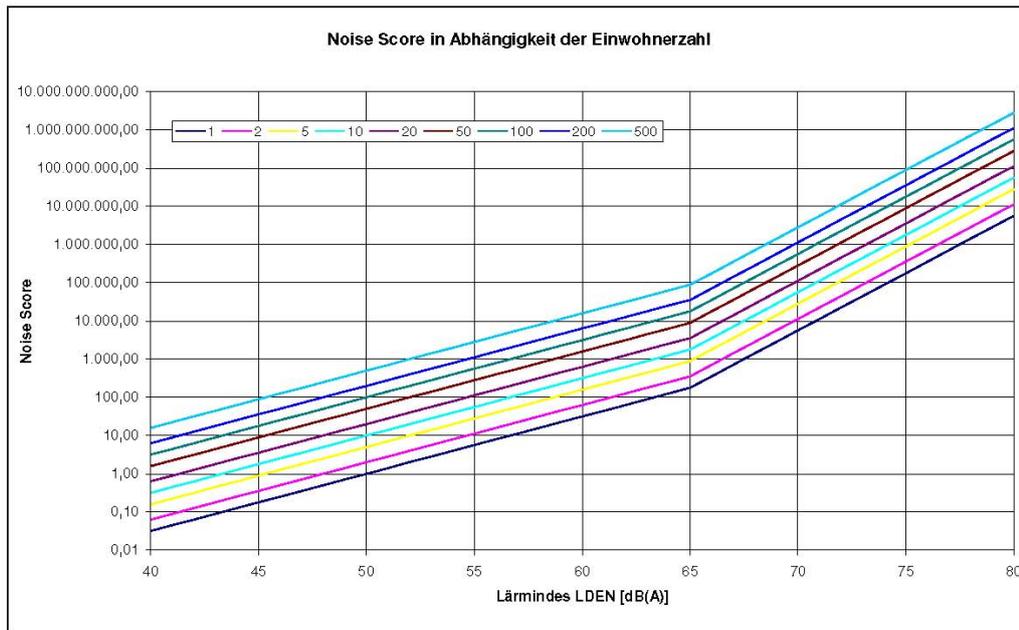


Abb. 1: Prinzipieller Verlauf des Noise Scores (Stadt Essen, 2010)

In den LAP bspw. der Städte Essen (Stadt Essen, 2010), Schweinfurt (Stadt Schweinfurt, 2010), Freiburg und Trier wurde der NS zur Hotspot-Detektion angewandt.

3.5.2 Bayrisches Lärmbewertungsmaß (P-Wert)

Das Verfahren greift auf die Verkehrslärmschutzrichtlinien VLärmSchR 97 (Bundesministerium für Verkehr, 1997) und die EWS-97 (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 1997) zurück und berechnet das Produkt aus einem Lästigkeitsfaktor und der Einwohnerzahl E_i :

$$P = \sum_{i=1}^N E_i \cdot (2^{0,1 \cdot L_{r,i}} - 2^{0,1 \cdot GW})$$

L_r ist der Beurteilungspegel, also L_{Night} oder L_{DEN} , GW der Grenz- oder Zielwert (bspw. $L_{DEN} = 65$ dB(A) für eine „Dringlichkeitsreihung von Gebieten“). Wie auch beim Noise Score werden hier hohe Pegel stark gewichtet.

Die Begründung für die Basis 2 erfolgt in den EWS-97 damit, dass das Lautheitsempfinden eines Geräusches des Pegels L proportional zu 2^L ist.

Angaben werden kann das P-Maß als absolute Größe (Summe der Lärmbewertungsmaße eines Straßenabschnitts) oder als relative Größe (normiert auf die Länge aller Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet (s. Abbildung 2).



Abb. 2: Normierter P-Wert zur Priorisierung (Landeshauptstadt München, 2012, Anhang 1)

3.6 Population Indicators

Miedema (Miedema, 2004), zitiert in European Environment Agency, 2010 (S. 36), hat angegeben, wie ein allgemeiner „Population Indicator“, der die Lärmwirkungen auf eine exponierte Bevölkerung beschreibt, aussehen sollte:

$$L_{DEN,pop} = 10 \cdot \lg \left(\sum_i n_i \cdot p_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{DEN,i}} \right)$$

Dabei ist n die Zahl der Wohnungen und p die Zahl der Einwohner pro Wohnung. Damit ist deren Produkt die Zahl der Einwohner im betrachteten Gebiet (über einem bestimmten Pegel).

Obwohl in der Summe eine exponentielle Größe steht, ist es kein exponentieller Ansatz, da diese Größe (nach der Summation über alle Terme) logarithmiert wird (als Umkehroperation); eine Linearisierung tritt dadurch nicht auf.

Bereits 2003 führte Clairbois (Clairbois et al., 2003) eine ähnliche Größe, den ECU, Exposure Comparison Unit zur Priorisierung ein. Berücksichtigt werden sollen damit besonders auch Schulen und Krankenhäuser:

$$ECU = \sum_{i=1}^N 10^{0,1 \cdot (L_i + L_c)}$$

Hier ist L_i der mittlere Pegel an der Wohnung i (6-22 Uhr), N deren Gesamtzahl und L_c ein Korrekturfaktor für Schulen (5 dB) bzw. Krankenhäuser (10 dB)⁵. 2009 wurde dieses Konzept (ECU_{DEN}) auf der Basis des L_{DEN} und der Anzahl der Wohnungen (für das Großherzogtum Luxemburg) an

⁵ Es wird keine Begründung für diese Pegelwerte gegeben; in 2009 wird angemerkt, dass diese Werte noch in Diskussion sind. Wie die Größe der Einrichtung (Anzahl von Schülern oder Kranken) berücksichtigt werden soll, wird nicht angegeben.

die Erfordernisse der EU-Umgebungslärmrichtlinie angepasst (Clairbois, 2009)⁶. Darin wird auch untersucht, wie der Bereich, für den der Indikator berechnet werden soll, räumlich sinnvoll abzugrenzen ist (Straßenabschnitte von jeweils 100 m bzw. 500 m Länge und einer Breitenausdehnung, die dem kartierten Bereich entspricht).

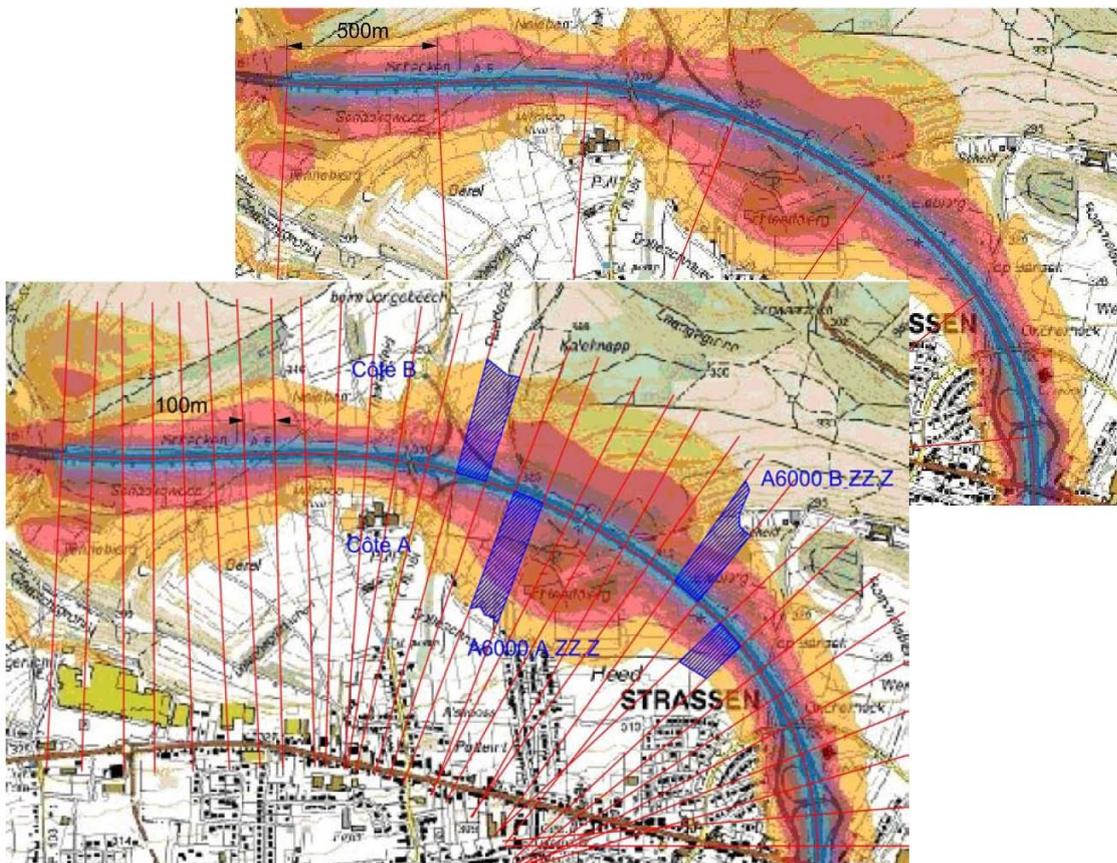


Figure 1: definition of the elementary entities (500 and 100m) within which the ECU_{den} have to be calculated

Abb. 3: Räumliche Abgrenzung der Berechnungsflächen für den ECU_{DEN} (Clairbois, 2009)

Eine analoge Struktur weist der Lärm-Einwohnerpegel UCE_{DEN} (Unité Comparative d'Exposition au bruit) auf, der im LAP Luxemburg (Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, 2010) verwendet wird:

$$UCE_{DEN} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^N P_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_i} \right)$$

mit N: Zahl der Wohnungen mit $L_{DEN} \geq 55$ dB(A) und P_i : Zahl der Einwohner der Wohnung i. Schulen oder Krankenhäuser werden nicht gesondert berücksichtigt; im Vergleich zum ECU wird hier die auszuführende Summation explizit ausgeschrieben.

Den Indikator G_{den} und dessen Anwendung stellen Weber und Jabben (Weber und Jabben, 2010) vor⁷.

⁶ Für den ECU wird keine explizite Summation über die Zahl der Wohnungen / Einwohner in der Gleichung angegeben. Das scheint merkwürdig (und nicht sinnvoll, da es sich um eine Pegeladdition handeln würde), zumal im LAP Luxemburg auf den ECU verwiesen wird und hier eine explizite Berücksichtigung der Einwohner erfolgt (s.u.).

⁷ Der G_{den} wird auch im Rahmen des niederländischen Forschungsprogramms TASTE betrachtet (vgl. Weber, 2011).

Der G_{den} ist ein „group noise level“; die Bezugseinheit kann eine Wohnung, ein Gebäude oder ein größerer räumlicher Bereich sein. Er berechnet sich nach:

$$G_{den} = 10 \cdot \lg \left(\sum_i n_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{den,i}} \right)$$

n_i ist dabei die Anzahl der Wohnungen. Empfohlen wird, eine Betrachtung ab $G_{den} > 80$ dB vorzunehmen, wobei Bereiche mit $G_{den} > 100$ dB prioritär sind. An einem Beispielgebiet wird gezeigt, dass es einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen der logarithmisch dargestellten Anzahl der HA und dem G_{den} gibt (s. Abbildung), was nicht überrascht, da der G_{den} eine logarithmische Größe ist.

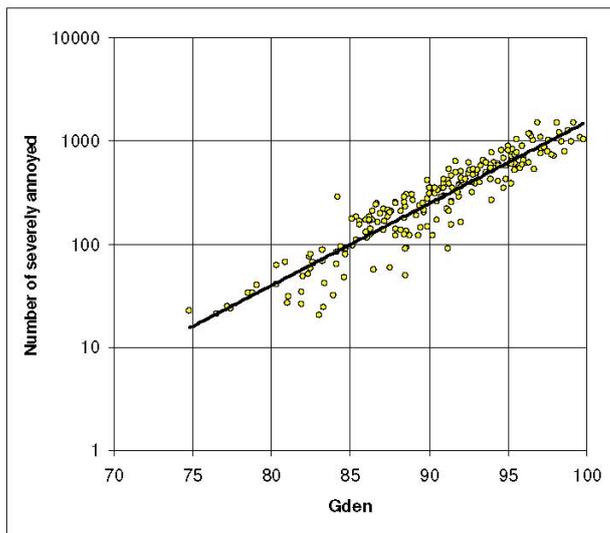


Figure 1: Dependency between Gden and the number of severely annoyed

Abb. 4: Zusammenhang zwischen HA und G_{den} (Weber und Jabben, 2010)

Der G_{den} ist mit dem UCE_{den} identisch, wenn für n die gleiche Bezugsgröße (Einwohner oder Wohnungen) gewählt wird. Die nachfolgende Abbildung gibt ein Beispiel für die grafische Darstellung des Indexes.

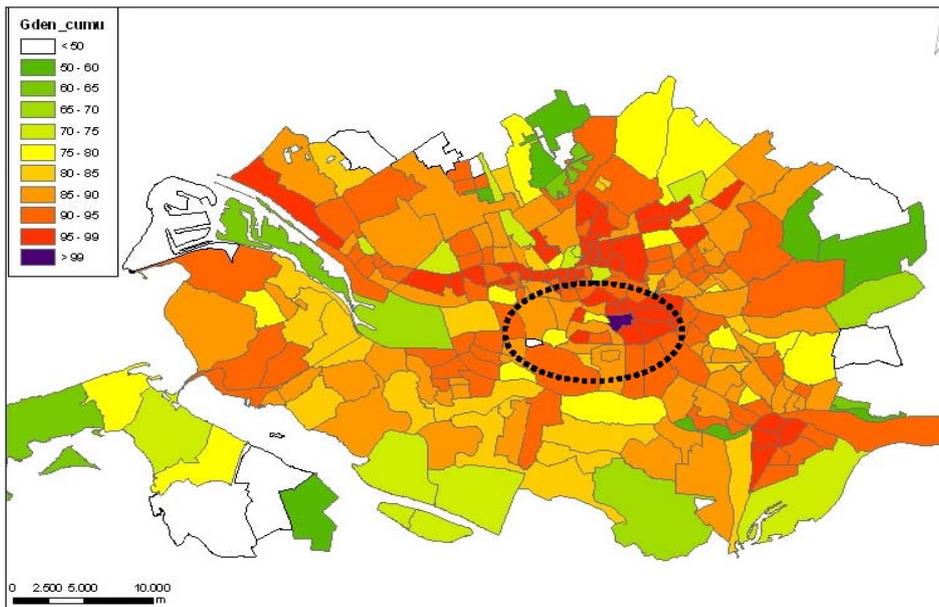


Figure 3: Gden map for cumulated noise sources in the Rijnmond area

Abb. 5: Darstellung des G_{den} für das Gebiet Rijnmond (Weber und Jabben, 2010)

Für eine detailliertere Untersuchung wird vorgeschlagen, in einem als Hotspot identifizierten Bereich die Anzahl der Hochbelastigten ergänzend darzustellen.

Der G_{den} kann den Wert 100 bspw. dadurch erreichen, dass 100.000 Einwohner einem Pegel von 50 dB(A) ausgesetzt sind oder 316 Personen einem Pegel von 75 dB(A). Bei Verwendung dieser Größe wäre es also sinnvoll, einen Schwellenwert zu berücksichtigen. Eine „Verschiebung“ der Einwohner (bspw. 1.000 Einwohner von 65 dB(A) in 60 dB(A)) führt zu einer gleichschrittigen Veränderung des G_{den} (hier: Abnahme um 5), unabhängig vom Ausgangspegel.

3.7 Andere Pegelmaße

In Großbritannien wird neben dem L_{DEN} und dem L_{Night} der Traffic Noise Index $L_{A10,18h}$ für den Zeitraum zwischen 6 und 24 Uhr verwendet:

$$L_{A10,18h} = \frac{1}{18} \sum_{t=6}^{t=23} L_{A10,t} \text{ dB(A)}$$

Für die Hotspot-Identifizierung werden landesweit einheitliche Verfahren angewendet (vgl. auch Turner und Grimwood, 2009):

„Wichtige“ Gebiete für die LAP sind jene, in denen die insgesamt 1 % der höchst belasteten Bevölkerung wohnen (vgl. bspw. LAP London) (DEFRA, 2010). Zusätzlich wird ein weiteres Pegelkriterium eingeführt (in Abhängigkeit von der Lärmbelastung im Untersuchungsraum): In London, Birmingham und Sheffield werden „First Priority Locations“ dadurch festgesetzt, dass der $L_{A10,18h}$ einen Wert von 76 dB überschreitet, in Leeds sind es 73 dB; für den Ballungsraum Swansea / Neath Porth Talbot (Welsh Assembly Government, o.J.) 68 dB.

3.8 Ansätze, die die Lärmbelastigung berücksichtigen

Im internationalen Rahmen zeigt sich die Tendenz, subjektive Lärmbewertungen einfließen zu lassen (Finegold und Finegold, 2004).

Barbaro und Caracausi (Barbaro und Caracausi, 2002) schlagen den P.A.I. (Population Annoyance Index) vor. Dieser zeigt die Zahl der HA im Untersuchungsgebiet an. Das Verfahren ist für eine Hotspot-Analyse geeignet; Pegel und Betroffenenzahlen werden berücksichtigt (HA ist proportional zum Pegel).

2010 beschreibt Baulac (Baulac et al., 2010) einen Indikator (IRIS), der neben der Belästigung und Schlafstörung für Straße und Schiene das kardiovaskuläre Erkrankungsrisiko, sensible Nutzungen sowie Grünflächen in der Umgebung berücksichtigt. Die in den Indikator eingehenden Annahmen für den (additiven) Beitrag der einzelnen Größen sind nicht erläutert und erscheinen relativ willkürlich. Für eine reine Hotspot-Erkennung ist das Verfahren zu aufwändig; zur differenzierteren Bewertung der Lärmschwerpunkte aber durchaus betrachtungswürdig.

Berndt (Berndt et al., 2009) stellt in Ottawa 2009 ein Hotspot-Verfahren vor, dass die Lärmbelastung (HA) bzw. Schlafstörung (HSD) als Grundlage hat. Grafisch dargestellt wird hier die Dichte betroffener Einwohner pro km². Gebäude über einen Schwellenwert oder solche, die zu den x % am stärksten betroffenen gehören, können zusätzlich eingefärbt werden.

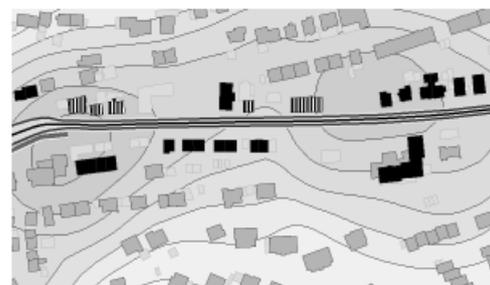
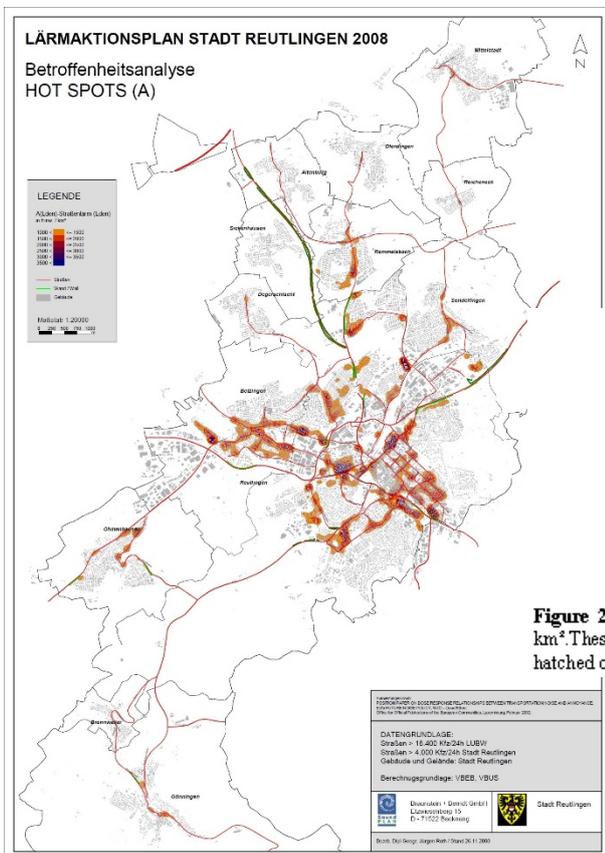


Figure 2: The contour areas describe the density of the population above Lnight 60 dB(A) related to a km². These (only) serve to visualize conflicts. The loudest level of the black houses is above 60 dB(A), the hatched ones contain people with the 1% criteria.

Abb. 6: Hotspots auf der Basis von HA und Darstellung von besonders belasteten Gebäuden (Berndt et al, 2009)

Im Rahmen von GIpSynoise (Bloguet et al., 2005) wird vorgeschlagen, für die Aktionsplanung Bereiche mit erhöhtem Risiko für Belästigung / Schlafstörung darzustellen (low, medium, high; farbige Darstellung; die Größe der „Punkte“ ist ein Maß für die Anzahl der Betroffenen); Grundlage dafür sind die Dosis-Wirkungskurven der EU zur Belästigung und Schlafstörung (European Commission, 2002).

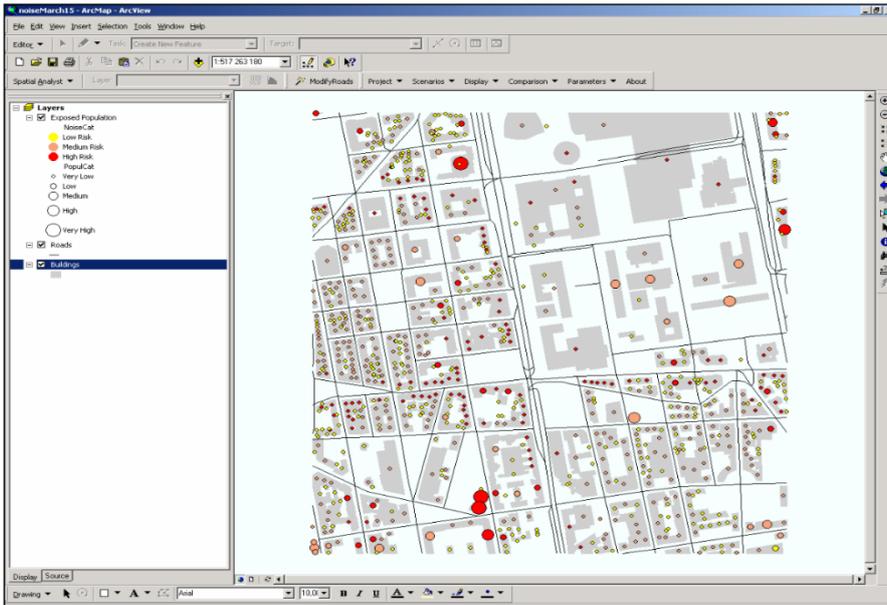


Figure 6: example of risk map for daily period

Abb. 7: Darstellung von Bereichen mit erhöhter gesundheitlicher Belastung (Bloguet et al., 2005)

Borst (Borst et al., 2008) nimmt 2008 Bezug auf das QCity-Projekt. Am Beispiel von Amsterdam wird gezeigt, wie auf der Basis der HA Hotspots erkannt werden können: Der Prozentsatz HA wird aus den akustischen Daten berechnet und straßenabschnittsweise dargestellt. Da die Zahlen an die Straßenabschnitte geschrieben werden, ist ein schnelles Ablesen der Lärmbrennpunkte kaum möglich.

Gjestland, Tremoen und Kielland (Gjestland, Tremoen und Kielland, 2002) stellen den Index der norwegischen Behörden zur Beschreibung der Belästigung durch Umgebungslärm vor. Dieser Index (in Norwegisch: støyplageindeks: SPI) ist die Summe der Belästigungsurteile (annoyance scores) aller Bewohner der Gemeinde (des Untersuchungsraumes). Vorausgesetzt wird dabei ein linearer Zusammenhang zwischen Belästigungsurteil und Pegelgröße; dieser lautet (zitiert in de Ruiter, 2009):

$$A = 1,58 \cdot (L_{den} + k) - 62,25$$

wobei für Straßenverkehrslärm $k = 0$ zu setzen ist. Da kein Bezug auf die nichtlinearen Dosis-Wirkungskurven genommen wird, ist dieser lineare Ansatz eher der LKZ-Methode verwandt.

D. Hill (Hill, 2009) stellt in Edinburgh 2009 die Herangehensweise für die Priorisierung der Handlungsfelder im Rahmen der Lärmaktionsplanung für Schottland dar. Palmer et al. (Palmer et al., 2009) gibt insbesondere auch Beispiele für die Berechnung und Anwendung dieses Indexes:

Der Building Prioritisation Score (BPS) ist ein numerischer Wert, der für jedes Wohngebäude folgendermaßen berechnet wird:

$$BPS = L + 10 \cdot \lg(N)$$

wobei L der Pegel am Gebäude und N die Anzahl der Personen, die hochbelästigt (HA) werden, bedeuten. Für die Anzahl der Hochbelästigten werden die DW-Kurven für den jeweiligen Verkehrsträger herangezogen. Dieser BPS wird bspw. auch im LAP Glasgow (neben dem in 3.7 erwähnten Pegelkriterium, hier von 70 dB) genutzt, um einen „Quellenpriorisierungswert“ (SPS, Source Priorization Score) zu berechnen:

$$SPS = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^N 10^{0,1 \cdot BPS_i} \right)$$

Begründungen für den formelmäßigen Zusammenhang des BPS bzw. SPS werden nicht gegeben. Der SPS erfüllt nicht die Kriterien des „Good practice guide on noise exposure and potential health effects“ (European Environment Agency, 2010). Eine additive Verknüpfung von Exposition (Pegelgröße L) mit der Anzahl der HA im BPS erscheint relativ willkürlich.

Williamsona und Kerr (Williamsona und Kerr, 2009) nehmen in 2009 ebenfalls Bezug auf den BPS.

Auf der Basis einer HA-Funktion (hier genannt p) schlägt de Ruiter (de Ruiter, 2009) den Population Annoyance Index (PAI) vor, mit dem in einem Betrachtungsgebiet die Anzahl Belästigter berechnet werden kann; verschiedene Gebiete können so verglichen werden.

3.9 Weitere Größen und Parameter

Asdrubali und Costantini (Asdrubali und Costantini, 2005) beschreiben einen der Lärmkennziffer ähnlichen Priority-Index P.

$$P = \sum R_i (L_i - L_i^*)$$

Dabei sind R_i die Anzahl der Bewohner in einem Teilgebiet A_i des Gesamtgebiets A mit $\sum A_i = A$, L_i^* ist ein festgesetzter Grenzwert. Für Krankenhäuser wird für R_i die Bettenzahl angesetzt und der Wert mit 4 gewichtet; der Wichtungsfaktor für Schulen ist 3, hier ist R_i die Schülerzahl. Treten gleiche P-Werte auf, bekommt der Wert die höchste Priorität, der die höchsten Pegel berücksichtigt. Diese Größe ähnelt der LKZ und berücksichtigt auch die besondere Schutzwürdigkeit von Schulen und Krankenhäusern, sofern sie Pegeln über dem Schwellenwert ausgesetzt sind. Aufgrund der hohen Wichtung von Schulen und Krankenhäusern wäre es möglich, dass besonders Bereiche mit diesen Gebieten als Hotspots erkannt werden (zu starke Gewichtung).

Aspurua, Vazqueza und Borregueroa (Aspurua, Vazqueza und Borregueroa, 2004) schlagen vor, die Lärmbelastungssituation durch zwei Grenzwerte und Ampelfarben zu kennzeichnen: rot: Lärmindikator ist über dem oberen Grenzwert (problematische Situation), grün: Lärmindikator ist unter dem unteren Grenzwert (kein Handlungsbedarf), gelb: Pegelbereiche dazwischen. Für eine Hotspot-Analyse ist das Verfahren nicht differenziert genug.

Barbaro (Barbaro et al., 2005) gibt den Index TEI (Technical Economic Index) an, der die ökonomische Bewertung der Effektivität von Lärminderungsmaßnahmen ermöglichen soll. Darin gehen die Zahl der Betroffenen mit Überschreitungen eines Lärmgrenzwertes sowie die Art der Nutzung des Untersuchungsgebiets ein. Dieses Vorgehen ist vergleichbar der linearen Methode des LKZ-Ansatzes.

In „Towards good practice for action plans“ plädiert van den Berg (van den Berg, 2006) dafür, „black spots“ (Bereiche über hohen Grenzwerten - 60 / 70 dB(A)) nicht vorrangig zu berücksichtigen, da davon nur relativ wenige Menschen betroffen sind und auch bei gesundheitlichen Auswirkungen die relativen Risiken gering sind. Empfohlen wird eine kombinierte Herangehensweise: allgemeine Maßnahmen, die eine breite Entlastung bewirken in Verbindung mit ausgewählten Maßnahmen, die die „black spots“ entlasten (wann immer die Gelegenheit dazu da ist).

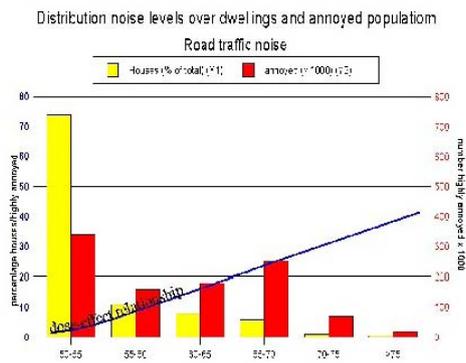


Figure 1. Typical example of noise level distribution and percentage of affected population

Abb. 8: Beispielhafte Pegel- und Betroffenenverteilung (van den Berg, 2006)

Borst et al. (Borst et al., 2009) betonen in „Urban Strategy: Instrument for Interactive Spatial Planning“ die Bedeutung nichtakustischer Parameter, wie das Vorhandensein von Grün- und Wasserflächen, Spielplätzen sowie die freie Sichtbarkeit des Himmels, die neben den akustischen Faktoren in eine Größe „befriedigende Lebensqualität“ eingehen können. Für eine Hotspot-Analyse ist das Verfahren nicht geeignet, das umfassendere Konzept einer „Lebensqualität“ sollte allerdings auch in Lärmaktionsplänen stärker in den Fokus rücken. Bei der Entwicklung von Indikatoren zur Bewertung der Hotspots wurden diese Aspekte aufgegriffen (s.u.).

Botteldooren und Lercher (Botteldooren und Lercher, 2006) versuchen, das Konzept der Nachhaltigen Entwicklung in Einklang mit der Lärmproblematik zu bringen. Dazu schlagen sie die Einführung von SUS (sound utilization space) vor, die, ähnlich wie Emissionszertifikate, am Markt gehandelt werden können. Für eine Hotspot-Analyse ist das Konzept nicht geeignet, zeigt aber die Bedeutung der common goods, so auch des akustischen Raumes, auf.

In „Noise Abatement - Handling a common problem with limited resources“ schlagen Larsen und Bendtsen (Larsen und Bendtsen, 2006) eine „Zonierung“ nach Pegeln (Zonen A-D) vor. Nach diesen könnte eine Priorisierung erfolgen. Das Verfahren wird nicht weiter ausgearbeitet und erscheint für eine Hotspot-Analyse nicht ausreichend, da die Zonierung zu grob ist.

Hintzsche und Popp (Hintzsche und Popp, 2009) zeigen Lärmschwerpunkte auf, indem grafisch die Anzahl der Einwohner über einem Schwellenwert (hier $L_{Night} = 55 \text{ dB(A)}$) dargestellt wird. Zur Hotspot-Analyse ist diese Darstellung nicht geeignet, da die Höhe der Pegel nicht in die Betrachtungen eingeht.



Figure 3: People exposed to noise per hectare (initial situation 2007)

Abb. 9: Anzahl Betroffene über Schwellenwert (Hintzsche und Popp, 2009)

In „Source receivers distance algorithms and soundscapes based methods for hotspot and quiet areas in the strategic action plan of Florence“ schlagen Luzzi und Bellomini (Luzzi und Bellomini, 2009) einen evidenzbasierten Ansatz (Burden of Disease) vor, der allerdings nicht weiter verfolgt wird (wohl auch in Ermanglung valider DW-Kurven für das Eintreten lärminduzierter Gesundheitsschädigungen).

Für eine Hotspot-Analyse (hier am Beispiel Florenz) werden zunächst die Fassadenpunkte mit einer Überschreitung eines vorgegebenen Grenzwerts ermittelt und dem Straßenabschnitt zugeordnet, der die Überschreitung verursacht. Diese lokalen Hotspots (eigentlich Fassaden / Gebäude) mit Pegelüberschreitungen werden zu größeren „Wolken“ zusammengefasst. Eine Priorisierung dieser räumlichen Bereiche erfolgt mit Hilfe eines Critically Index C, der analog zur LKZ aufgebaut ist:

$$C = KR_i(L_i - L_i^*)$$

Dabei ist L^* der Grenzwert; der Schutzwürdigkeit von Schulen bzw. Krankenhäusern wird durch den Faktor K ($K = 3$ bzw. $K = 4$) Rechnung getragen. Das Verfahren berücksichtigt erst im zweiten Schritt die Anzahl der betroffenen Einwohner, das Auffinden der Hotspots erfolgt durch Grenzwertüberschreitung und Quellennähe. Das Vorgehen wurde ähnlich bereits in (Asdrubali und Costantini, 2005) beschrieben.

Naish (Naish, 2010) stellt eine australische Priorisierungsmethode vor: Dabei wird zunächst jedem Gebiet (Parzelle) ein Parcel Priority Index (PPI) mit einem Wert zwischen 0 und 100 zugeordnet, der neben dem Pegel das Vorhandensein / die Möglichkeit der Errichtung von LSW, die DTV, den Lkw-Anteil, den Straßenoberflächenbelag, die Bevölkerungsdichte, den Planungszustand sowie eingegangene Beschwerden mit unterschiedlichen Wichtungen berücksichtigt. Dieser PPI (für Werte < 50) ist eine Komponente im Link Priority Index (LPI), der einen Straßenabschnitt beschreibt. Eine Übernahme dieses Verfahrens erscheint nicht sinnvoll, da bspw. solche Kriterien wie DTV, Lkw-Anteil und Belag in den deutschen Berechnungsvorschriften berücksichtigt sind.

Das Überschreiten der gebietsspezifischen Grenzwerte um 5 dB(A) wird durch Roach und Carvalho (Roach und Carvalho, 2007) prioritär für Maßnahmen angesehen. Ein geeignetes Hotspot-Verfahren ist das nicht, da weder die Anzahl der Betroffenen noch die Pegelüberschreitungen berücksichtigt werden.

Ein Verfahren zur Priorisierung von Maßnahmen im Rahmen der LAP im Rahmen eines „Decision Supporting System“ (DSS) geben Rodrigues und Afonso (Rodrigues und Afonso, 2011) an. Dieses umfasst ein Kosten-

Nutzen-Kriterium, ein Belastungskriterium, dass die Höhe der Pegel und die Anzahl der betroffenen Menschen berücksichtigen soll, aber die nicht verständliche Größe „Akustische Energieklasse + x dB“ sowie ein verbal abzuschätzendes Komplexitätsmaß umfasst. Eine detaillierte Beschreibung wird nicht gegeben. Zur Identifizierung der Bereiche, in denen Maßnahmen erforderlich sind, wird das Kriterium Grenzwert + 5 dB angegeben; für eine Hotspot-Analyse ist das Verfahren nicht tauglich. Ohne detaillierte Quellenangabe wird auf ein Hotspot-Verfahren des LAP Pisa verwiesen, den „Multi Annoyance Building Priorization Score“ (MABPS), eine Weiterentwicklung des „Building Priorization Score“.

Für eine Priorisierung von Lärminderungsmaßnahmen (LSW) werden durch Rubio (Rubio, 2009) zwei Kategorien angegeben, die neben der Pegelhöhe und Anzahl der Betroffenen auch das Vorhandensein von Schulen und Krankenhäusern (sowie die Wirksamkeit der Maßnahme) berücksichtigen. Die Ausführungen dazu sind nicht konkretisiert und für eine Hotspot-Analyse somit nicht direkt geeignet.

Die durch Stenman und Malm (Stenman und Malm, 2007) beschriebene Hotspot-Analyse greift auf das NS-Konzept zurück. Für einen ermittelten Hotspot werden dann verschiedene Lärminderungsmaßnahmen konzipiert und deren Wirksamkeit wird grafisch dargestellt (Einfärben der Gebäude mit dem Pegelwert). Dies wird als Hotspot-Analyse bezeichnet, ist es aber im Sinne unserer Betrachtungen nicht.

Turner und Grimwood (Turner und Grimwood, 2009) beschreiben detailliert das Verfahren der Erkennung der Lärm- und Handlungsschwerpunkte bei der Lärmaktionsplanung in England: Ausgangsgröße für die Festlegung „Wichtiger Bereiche“ (important area) ist $L_{A10,18h}$. Betrachtet werden für eine Schwerpunktsetzung die 1 % der am stärksten Belasteten; in den First Priority Locations (FPLs) muss dazu noch der Pegel einen Schwellenwert (76 dB für die Straße) überschreiten. Diese Festsetzung von FPL orientiert sich nur an den Pegeln, die Anzahl der Betroffenen fließt nicht mehr ein. Bei der Setzung des Kriteriums „1 %“ besteht die Gefahr, dass damit nur einzelne Wohngebäude herausgehoben werden, keine zusammenhängenden Straßenabschnitte oder Gebiete (vgl. dazu auch Abb. 6). Ferner ist es eine politische Entscheidung, ob ein solches Kriterium, welches zu einer Ungleichbehandlung der Betroffenen verschiedener Kommunen führt (je nach Stärke der Lärmbelastung in der jeweiligen Kommune), gewollt ist.

3.10 Aussagen von Leitfäden und Projektberichten

Die Leitfäden der Bundesländer zur Lärmaktionsplanung geben keine detaillierten Empfehlungen oder Handlungsanleitungen für eine Hotspot-Analyse.

Im Projekt SMILE (Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment) (SMILE, o.J.) finden sich ebenfalls keine Aussagen dazu.

Das Noise-Score-Verfahren zur Hotspot-Analyse wird im Teilprojekt von QCity „Noise maps: Initial situations. Detailed diagnostic of specific hot spots related to the particular attention areas of each site and related to people complaints“ (Petz et al., 2006a) vorgestellt.

Im QCity-Teilprojekt „Noise maps: Initial situations. Detailed diagnostic of specific hot spots related to the particular attention areas of each site and related to people complaints“ (Petz et al., 2006b) wird ebenfalls das Verfahren des NS zur Hotspot-Analyse aufgeführt. Hier werden für die grafische Darstellung Vorschläge für eine Skalierung angegeben.

Im QCity-Teilprojekt „Rating environmental noise on the basis of noise maps“ (Miedema und Borst, 2007) werden vier Parameter zur Bewertung (Rating) des Umgebungslärms auf der Basis der Lärmkarten vorgeschlagen: HA, HSD, Hotspots und nichtruhige Gebiete. Für die Hotspots (hohe Anzahl von Personen mit nicht hinnehmbarer Lärmbelastung) wird kein Berechnungsmodell angegeben. Allgemein werden zwei

verschiedene Gewichtsfunktionen vorgeschlagen, um so definierte Hotspot-Bereiche zu erkennen: Eine lineare Funktion W:

$$W(L_{den}) = 1 + a \cdot (L_{den} - L)$$

mit $a > 0$, L: Grenzwert und $W(L_{den}) = 0$ für $L_{den} < L$ sowie eine exponentielle Funktion:

$$W(L_{den}) = 10^{a \cdot (L_{den} - L)}$$

Mit dieser Gewichtsfunktion wird die (gewichtete, z.B. nach Fläche, 100 m x 100 m) Anzahl der Einwohner über dem Grenzwert multipliziert.

$$n_L = \sum_{\text{Wohnungen}} W(L_{den}) \cdot n_{EW/Wohnung}$$

Die Entscheidung darüber, welches Verfahren gewählt wird, soll lokal getroffen werden.

Um insbesondere die Anzahl HA angeben zu können, werden Vorschläge gemacht, neben dem L_{den} bspw. das Schalldämmmaß der Fassade und den Einfluss der ruhigen Fassade zu berücksichtigen.

Diese Überlegungen werden im Teilprojekt „Refined noise score rating model for resident“ von CityHush (Salomons und Janssen, 2011) verfeinert. Hier wird bspw. auch der Einfluss der Nähe zu einem ruhigen Gebiet betrachtet; ergänzende Aussagen zur Hotspot-Erkennung gibt es nicht.

Im Projekt SILENCE (SILENCE, o.J.) werden die beiden Möglichkeiten: Darstellung der HA und Betrachtung der Gesamtzahl der Belästigten angegeben. Es wird empfohlen, nicht allein die HA zu berücksichtigen, da damit Szenarien mit einer hohen Anzahl von Belästigten (Annoyed, A), aber einer geringen Anzahl an HA, weniger berücksichtigt werden. Ferner wird darauf hingewiesen, dass neben dem reinen „Zahlenwert“ als Ergebnis einer rechnerischen Hotspot-Analyse auch Befragungen zur Lärmwahrnehmung einfließen können.

3.11 Berücksichtigung der Mehrquellenbelastung

In den ausgewerteten LAP werden verschiedene Möglichkeiten genannt, eine Mehrquellenbelastung durch mehrere, auch unterschiedliche, Lärmquellen ähnlicher Relevanz (i.Allg. Straße und Schiene - Straßenbahn) zu berücksichtigen. Dabei erfolgt in keinem Fall eine Beachtung der Spezifik der Lärmquellen, wie sie bspw. in der VDI 3722-2 (VDI, 2011) oder bei Miedema und Vos (Miedema und Vos, 2004) vorgeschlagen werden. Eine gewisse Problematik bei den LAP der deutschen Kommunen besteht darin, dass die Lärmkarten für die Haupteisenbahnstrecken erst deutlich nach dem geforderten Termin (30.06.2007) durch das EBA vorgelegt wurden.

Bei der Verwendung linearer Ansätze wie der LKZ ist die Berücksichtigung der Mehrquellenbelastung durch eine Addition der entsprechenden Größen der verschiedenen Quellen möglich.

Häufig erfolgt eine Darstellung der Hotspots in derselben Grafik, so dass sich Mehrquellenbelastung sofort räumlich verorten lassen (vgl. die beiden nachfolgenden Abbildungen).

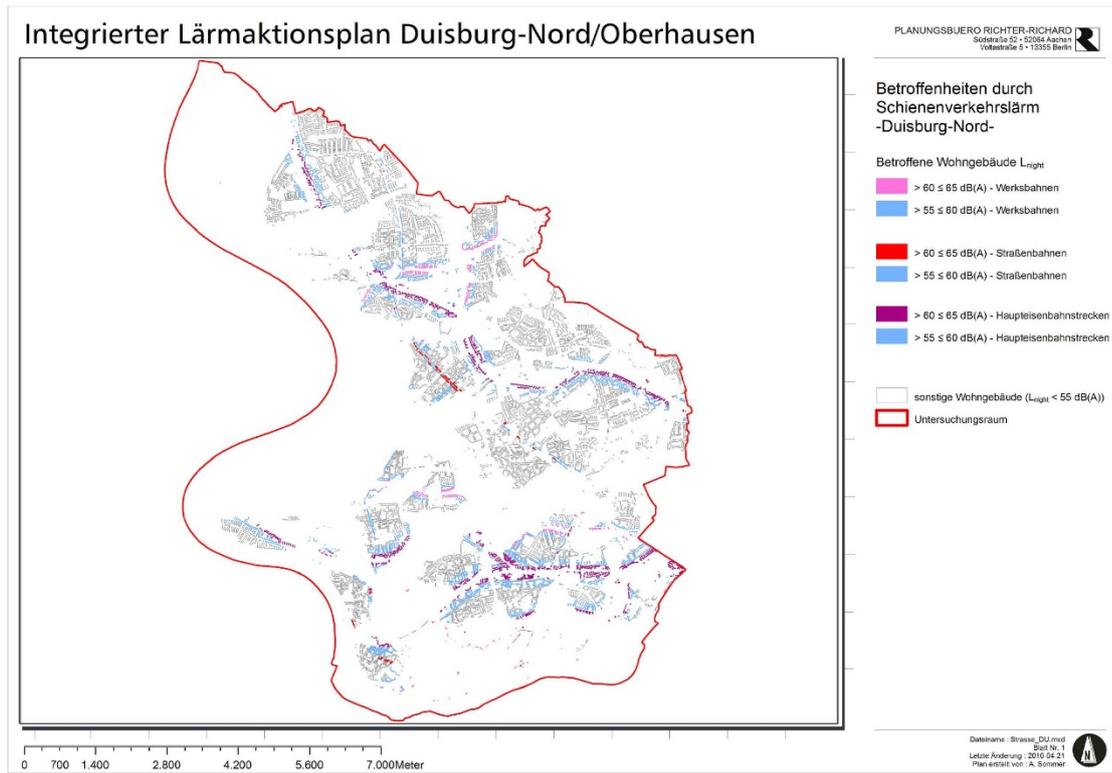


Abb. 10: Darstellung von Mehrquellenbelastung, Hotspots, Duisburg / Oberhausen (Stadt Duisburg, 2010)

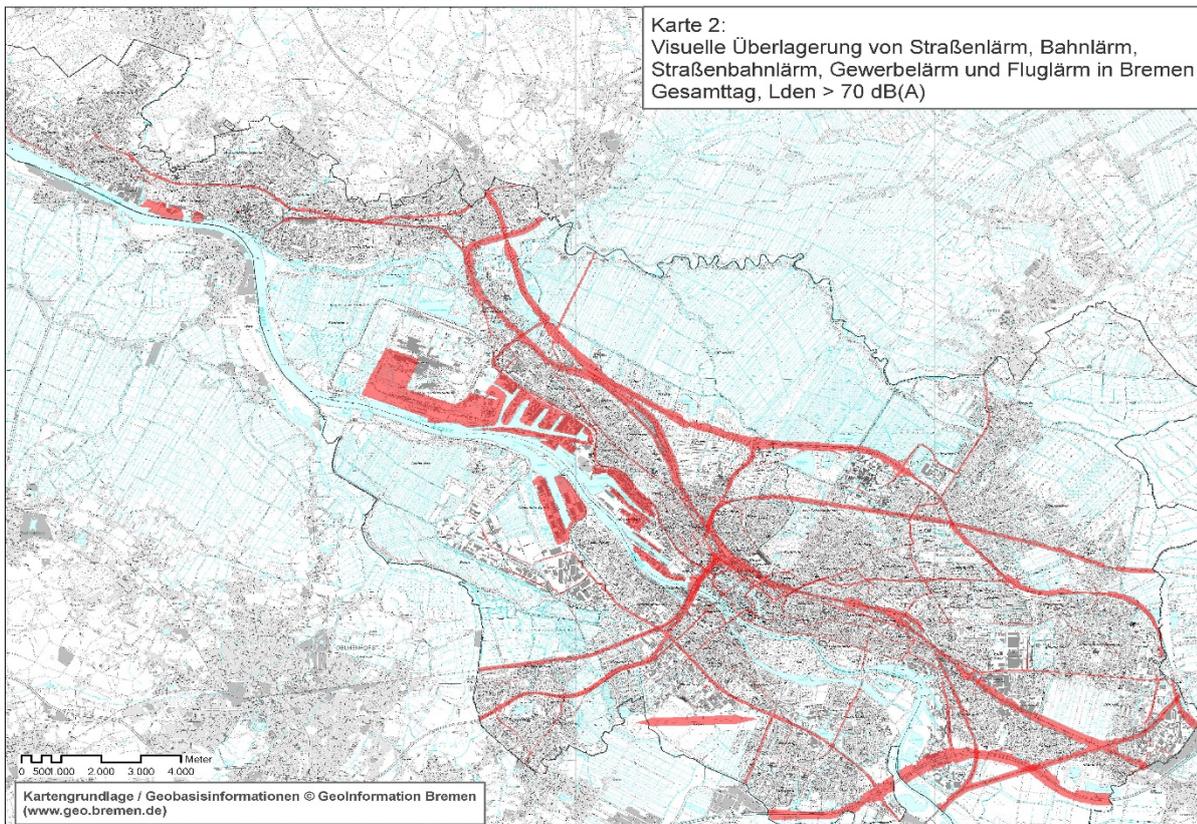


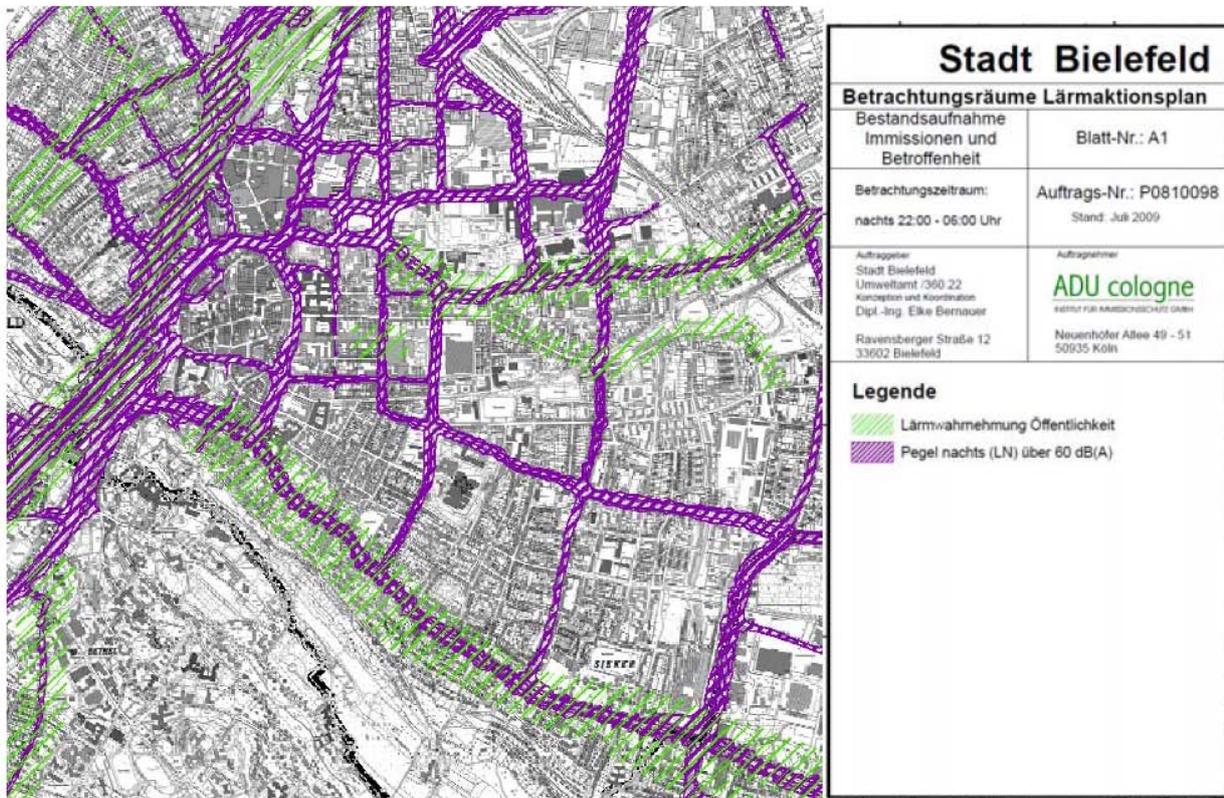
Abb. 11: Darstellung von Mehrquellenbelastung, Pegel über 70dB(A), Bremen (Freie Hansestadt Bremen, 2009)

Dargestellt werden können bspw. auch in einer Grafik Überlappungen von Immissionsbereichen durch energetische Pegeladdition.

Die VDI 3722-2 (VDI, 2011) beschreibt ein auf Miedema zurückgehendes Verfahren der Berücksichtigung von Mehrfachbelastungen. Dieses nimmt an, dass sich die Gesamtbelästigung infolge der energetisch addierten wirkungsäquivalenten Mittelungspegel der einzelnen Quellen ergibt. Ausgangspunkt ist dabei das Straßenverkehrsgeräusch, auf das wirkungsäquivalent (bspw. HA) umgerechnete Pegel (Ersatzpegel für Straßenverkehrsgeräusche) addiert werden.

3.12 Berücksichtigung von bekannten Lärmbrennpunkten

Viele Kommunen (bspw. Köln, Bielefeld) haben eine umfangreiche Öffentlichkeitsbeteiligung durchgeführt, in deren Verlauf durch die Betroffenen Hinweise auf vorhandene hohe Lärmbelastungen gegeben wurden. Diese können bei der Hotspot-Identifizierung mit herangezogen werden.



Karte 3: Öffentliche Lärmwahrnehmung

Abb. 12: Lärmwahrnehmung durch die Öffentlichkeit, Bielefeld (Stadt Bielefeld, 2010)

Abbildung 3-5: Vorschläge und Lärmbelastung zum Straßenverkehr 24 Stunden

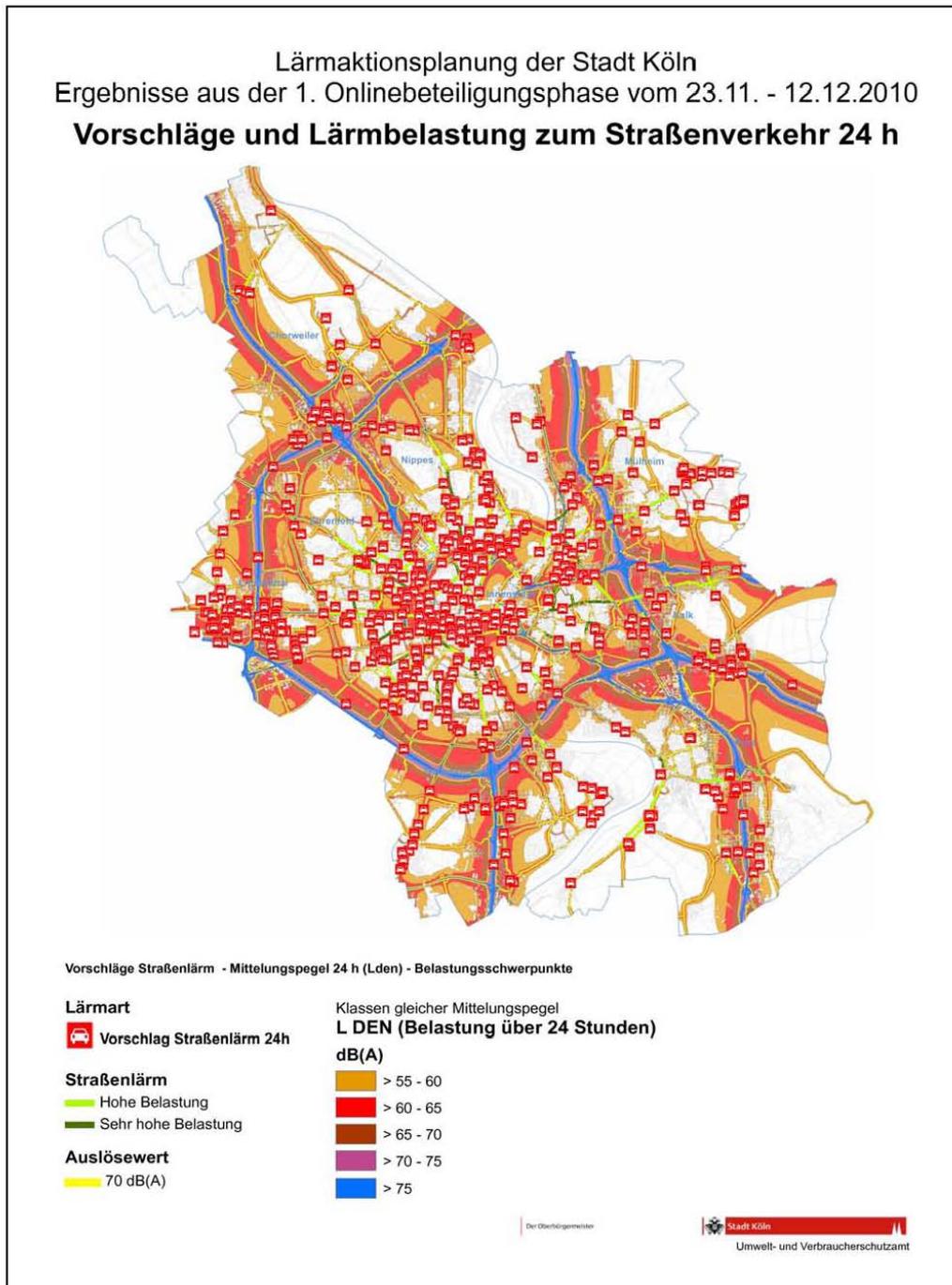


Abb. 13: Vorschläge durch die Öffentlichkeit, Köln (Stadt Köln, 2011)

4 Zusammenstellung der verwendeten Verfahren in den ausgewerteten LAP der Ballungsräume

4.1 Karlsruhe

Im LAP der Stadt Karlsruhe (Stadt Karlsruhe, 2009) wird die Hotspot-Analyse folgendermaßen durchgeführt: Für Bereiche mit $L_{\text{Night}} > 60 \text{ dB(A)}$ wird die Einwohnerdichte ermittelt. Als Bezugsfläche dient ein Kreis mit dem Radius von 100 m. Die Darstellung der Hotspots erfolgt linienhaft.

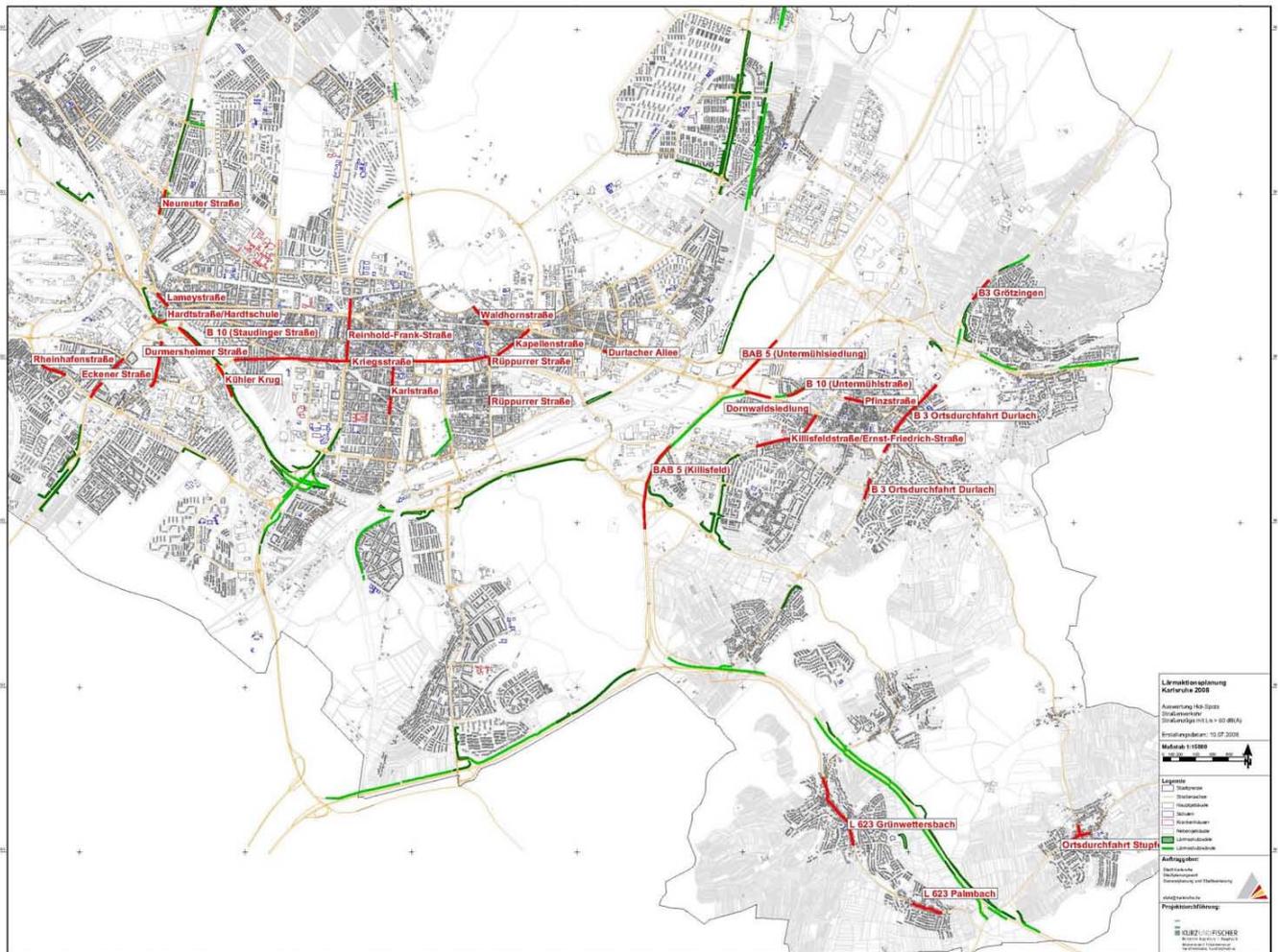


Abb. 14: Hotspots Straßenverkehr, Karlsruhe (Stadt Karlsruhe, 2009)

4.2 Mannheim

Ausgehend von den Lärmkarten für Straße und Straßenbahn werden im LAP Mannheim (Stadt Mannheim, 2008) jeweils 10 m x 10 m große Rasterzellen untersucht und überprüft, ob die festgelegten Auslöswerte von $L_{\text{DEN}} = 75 \text{ dB(A)}$ bzw. $L_{\text{Night}} = 65 \text{ dB(A)}$ überschritten sind. In diesem Fall werden in einem Suchradius von 100 m alle Einwohner ermittelt, der Rasterzelle zugeordnet und auf Einwohner/km² umgerechnet.

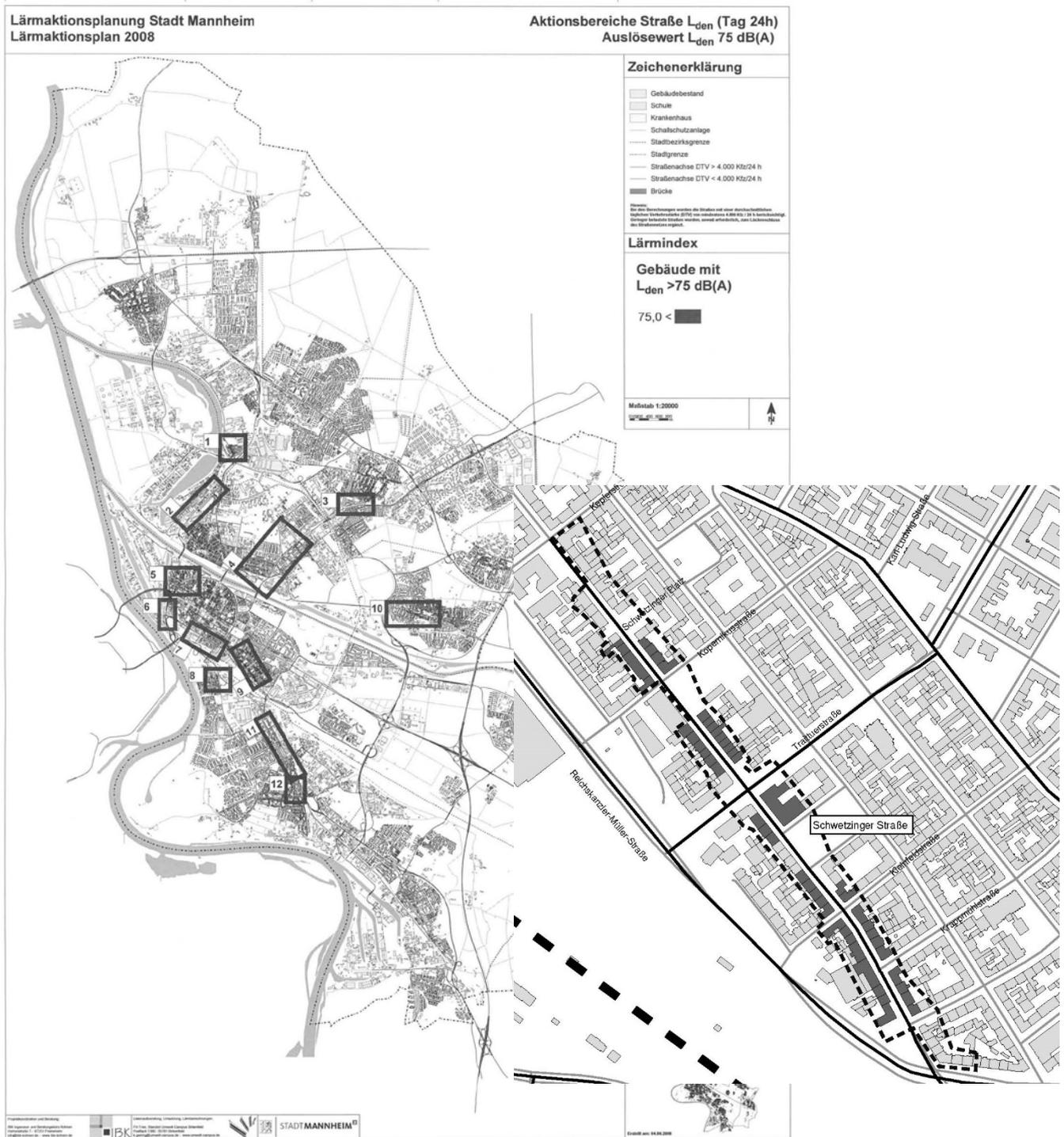


Abb. 15: Aktionsbereiche Straßenverkehr, Mannheim (Stadt Mannheim, 2008) und rechts räumliche Abgrenzung der Aktionsbereiche Straßenverkehr, Mannheim (Stadt Mannheim, 2008), Ausschnitt

Zur genauen räumlichen Abgrenzung werden die Werte 70 / 60 dB(A) herangezogen. Eine weitere Priorisierung (Prioritätsstufe 1 bzw. 2) erfolgt nach der im Hotspot-Bereich vorhandenen Zahl an Einwohnern und einer ggf. vorhandenen Belastung durch die jeweils andere Lärmart (Mehrquellenberücksichtigung).

4.3 Stuttgart

Gesetzt werden im LAP (Landeshauptstadt Stuttgart, 2009) die Schwellenwerte 70 / 60 dB(A) für Straße und Stadtbahn. Die Abschnitte mit Überschreitungen der Schwellenwerte werden grafisch dargestellt.

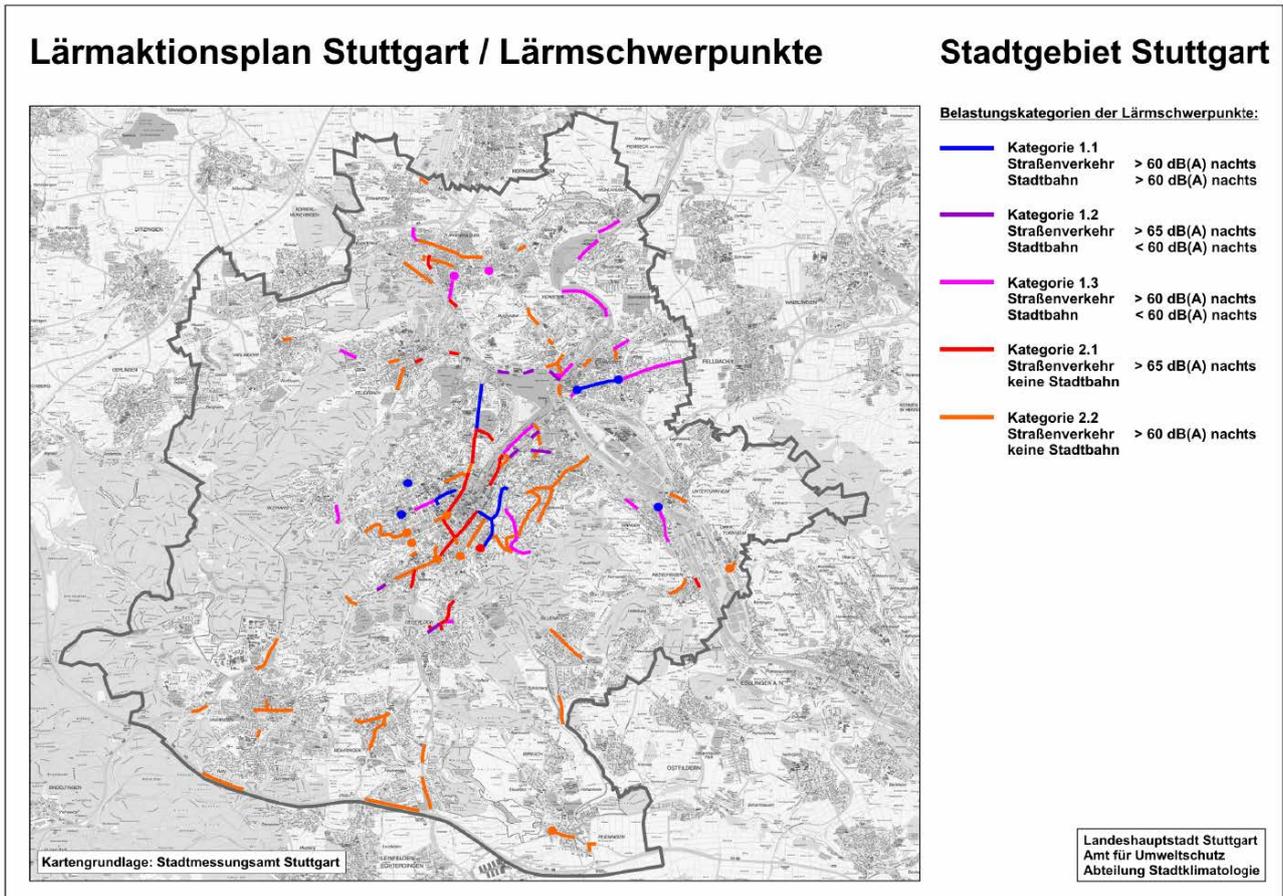


Abb. 16: Hotspots, Stuttgart (Landeshauptstadt Stuttgart, 2009)

Eine Mehrquellenbelastung wird bei der Priorisierung berücksichtigt:

Tabelle 3-19: Belastungskategorien der Lärmschwerpunkte

Kategorie	Straßenverkehr		Stadtbahn	
	L _{DEN} [dB(A)]	L _{Night} [dB(A)]	L _{DEN} [dB(A)]	L _{Night} [dB(A)]
1.1	> 70	> 60	> 70	> 60
1.2	> 75	> 65	< 70	< 60
1.3	> 70	> 60	< 70	< 60
2.1	> 75	> 65	-	-
2.2	> 70	> 60	-	-

Abb. 17: Priorisierung der Lärmschwerpunkte, Stuttgart (Landeshauptstadt Stuttgart, 2009)

4.4 Augsburg

Zur Ermittlung der Lärmbrennpunkte werden im LAP Augsburg (Stadt Augsburg, 2009) für Gebiete mit $L_{\text{Night}} > 60 \text{ dB(A)}$ die betroffenen Einwohner bestimmt. Ergänzt werden diese um Bereiche, die im Rahmen der Bürgerbeteiligung von Betroffenen genannt wurden.

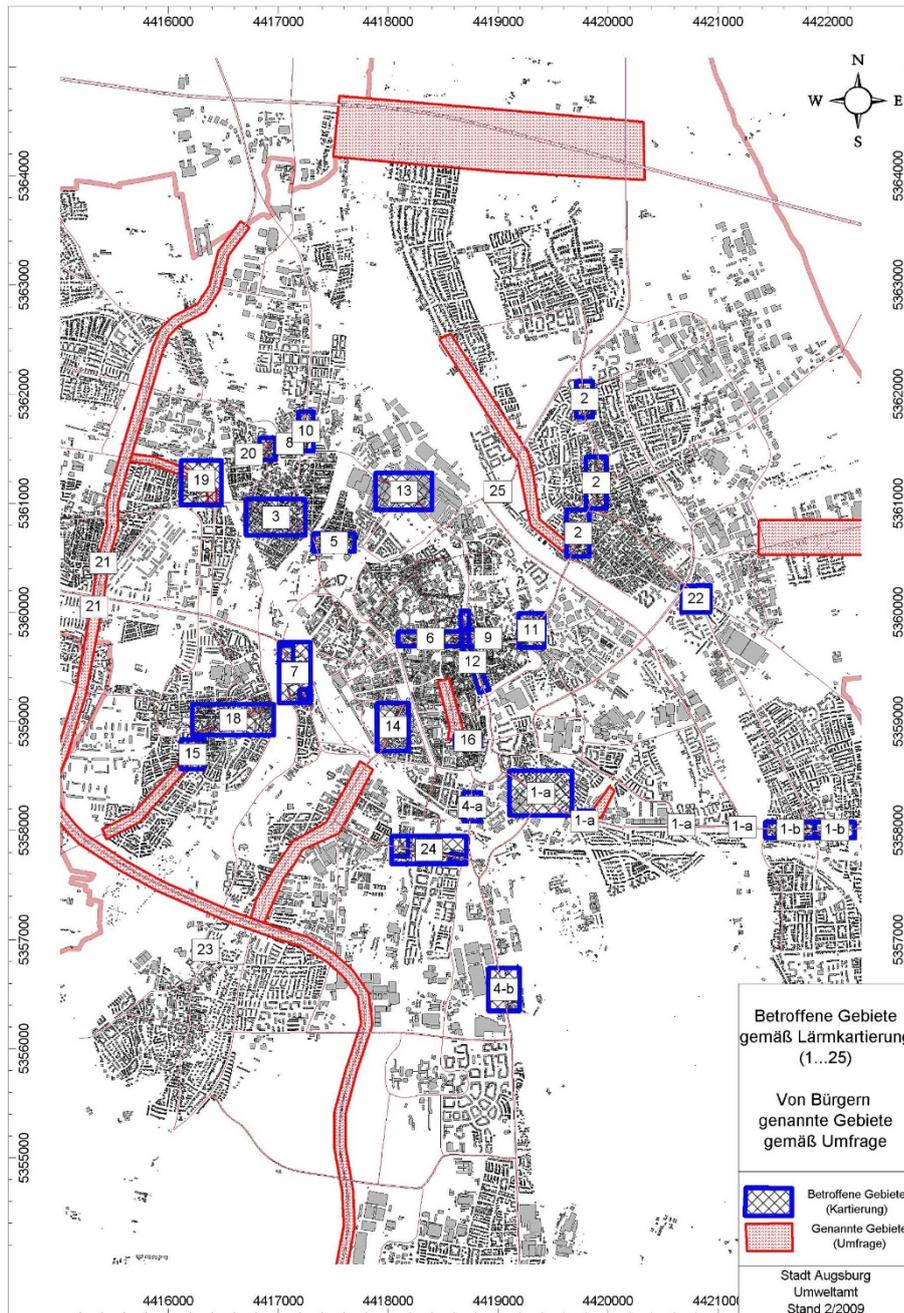


Abb. 1: Straßenabschnitte mit Fassadenpegeln $L_{\text{Night}} \geq 60 \text{ dB(A)}$, in blau;
Zusätzlich von den Bürgern genannte Lärmbrennpunkte, die nicht durch die Kartierung ermittelt wurden, in rot

Abb. 18: Hotspots (Fassadenpegel $L_{\text{Night}} > 60 \text{ dB(A)}$) Straße, Augsburg (Stadt Augsburg, 2009)

Für die Straßenbahn sind innerhalb der Bereiche mit Pegelüberschreitungen auch die Einwohnerdichten dargestellt. Daneben finden sich in dieser Darstellung auch die Lärmbrennpunkte für die Straße, so dass Bereiche mit einer Mehrquellenbelastung abgelesen werden können.

Verfahren zur Identifizierung von Lärmbrennpunkten

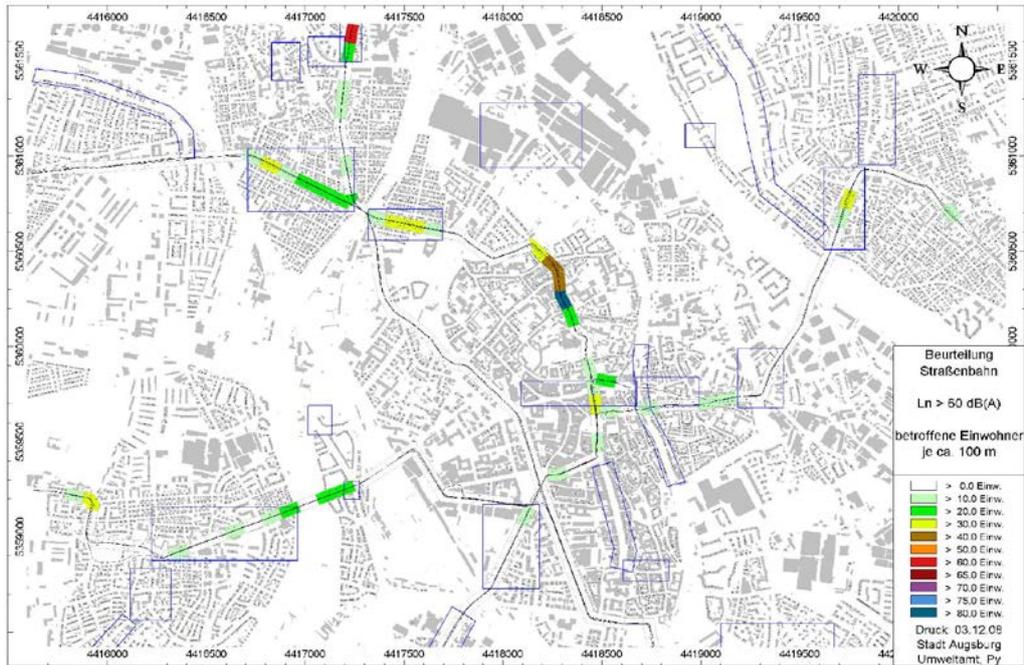


Abb. 2: „Lärmbrennpunkte“ des Schienenverkehrs (Darstellung der Anzahl der Betroffenen)

Abb. 19: Hotspots Straßenbahn, Augsburg (Stadt Augsburg, 2009)

Die Priorisierung der Lärmbrennpunkte erfolgt auf Basis des P-Wertes:



Abb. 3: „Lärmbrennpunkte“ des Schienenverkehrs (Darstellung der Prioritäten)

Abb. 20: Priorisierung der Hotspots Straßenbahn, Augsburg (Stadt Augsburg, 2009)

4.5 München

Als Kriterium für die Auswahl eines „Untersuchungsgebiets“ wurde in München (Landeshauptstadt München, 2012) die Überschreitung der Werte 70 / 60 dB(A) gewählt. Die Priorisierung der Gebiete erfolgt durch den P-Wert:

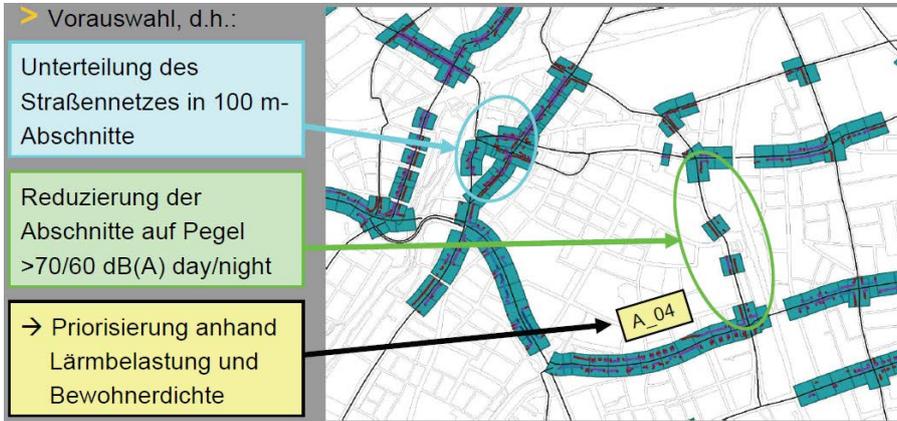


Abb. 21: Priorisierung der Untersuchungsgebiete, München (Landeshauptstadt München, 2012)

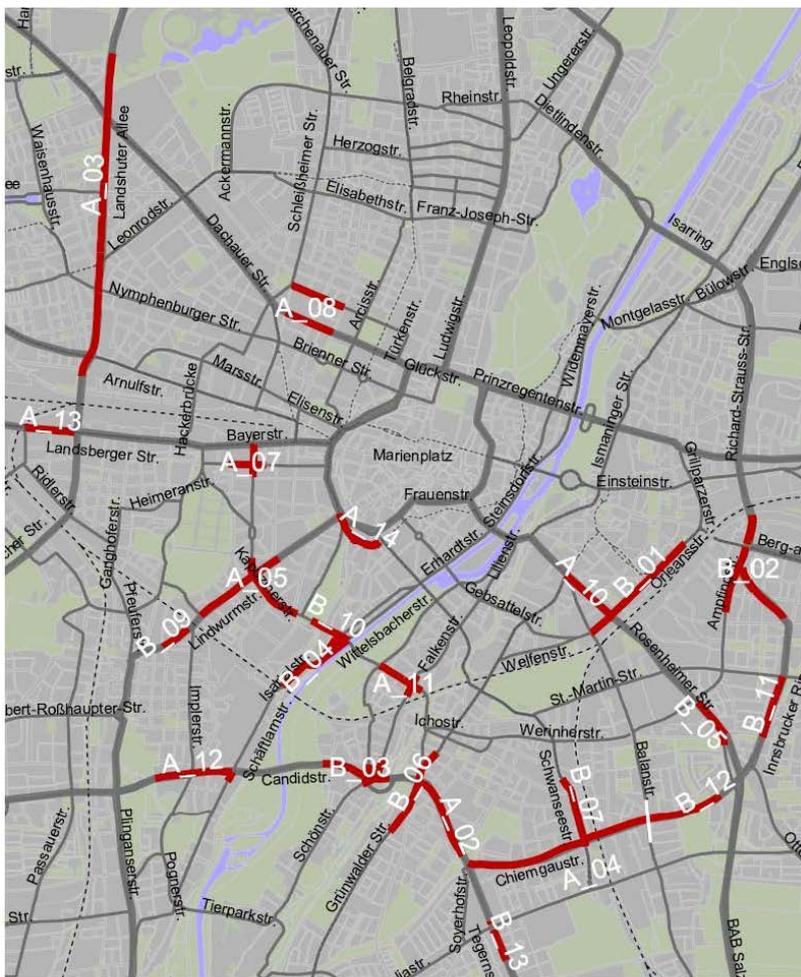


Abbildung 14: Übersicht der Untersuchungsgebiete

Abb. 22: „Untersuchungsgebiete“ Straße, München (Landeshauptstadt München, 2012), Ausschnitt

Die Lärmbelastung durch die Straßenbahn ist im Vergleich zur Straße deutlich geringer, so dass keine Mehrquellenbelastung Berücksichtigung fand.

4.6 Berlin

Die Hotspot-Analyse erfolgt im LAP Berlin (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, 2008) auf Basis der LKZ. Schwellenwerte sind 65 / 55 dB(A). Ein Hotspot-Bereich liegt vor, wenn die LKZ nachts den Wert 250 übersteigt.

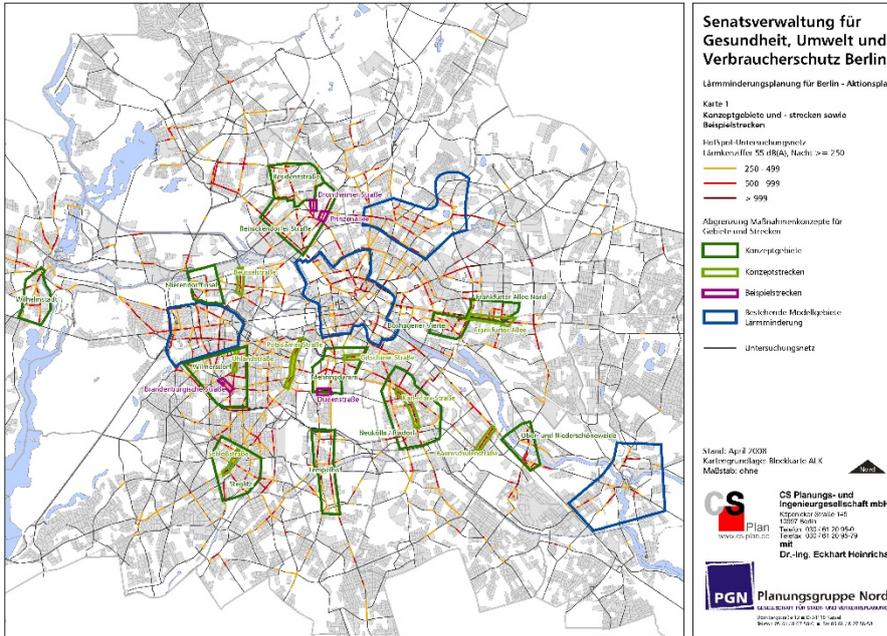


Abb. 23: Hotspot-Analyse, Berlin (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, 2008)

Die Lebensqualität in den Hotspot-Bereichen wird mit Hilfe eines Qualitäts-Indikatoren-Systems weitergehend untersucht und bewertet. Neben den Hotspot-Bereichen werden auch Straßenabschnitte, an denen der Pegel vorgegebene Schwellenwerte übersteigt, dargestellt.

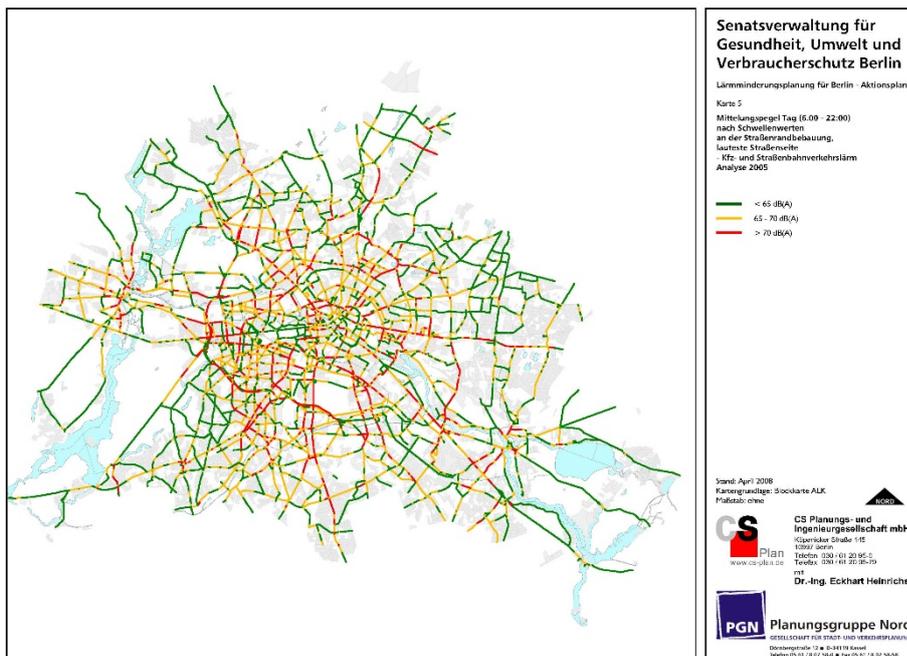


Abb. 24: Straßenabschnitte über Schwellenwert, Berlin (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, 2008)

4.7 Bremen

Hotspots werden im LAP Bremen (Freie Hansestadt Bremen, 2009) nach der Anzahl der betroffenen Personen bezogen auf eine Abschnittslänge von 100 m ermittelt. Dabei werden die Schwellenwerte 70 / 60 dB(A) als ausschlaggebend angesehen. Vorrangig behandelt werden die Gebiete mit den höchsten Lärmpegeln und mit mehr als 40 Betroffenen pro 100 m.

Eine Mehrquellenbelastung wurde durch eine grafische Überlagerung der Lärmkarten für die unterschiedlichen Lärmquellen bestimmt. Eine Änderung der Priorisierung ergab sich dadurch nicht.

4.8 Hamburg

Lärmschwerpunkte werden anhand des Auslösekriteriums 70 / 60 dB(A) festgelegt (Freie und Hansestadt Hamburg, 2008).

4.9 Frankfurt und Wiesbaden

In Hessen wurden die LAP durch die Regierungspräsidien (Regierungspräsidium Darmstadt, 2010) erstellt. Die LAP für Frankfurt und Wiesbaden sind im LAP des RP Darmstadt enthalten. Hotspots werden auf Grundlage der LKZ mit Schwellenwerten von 65 / 55 dB(A) bestimmt. Die Normierung der LKZ erfolgt auf 100 m Straßenlänge.

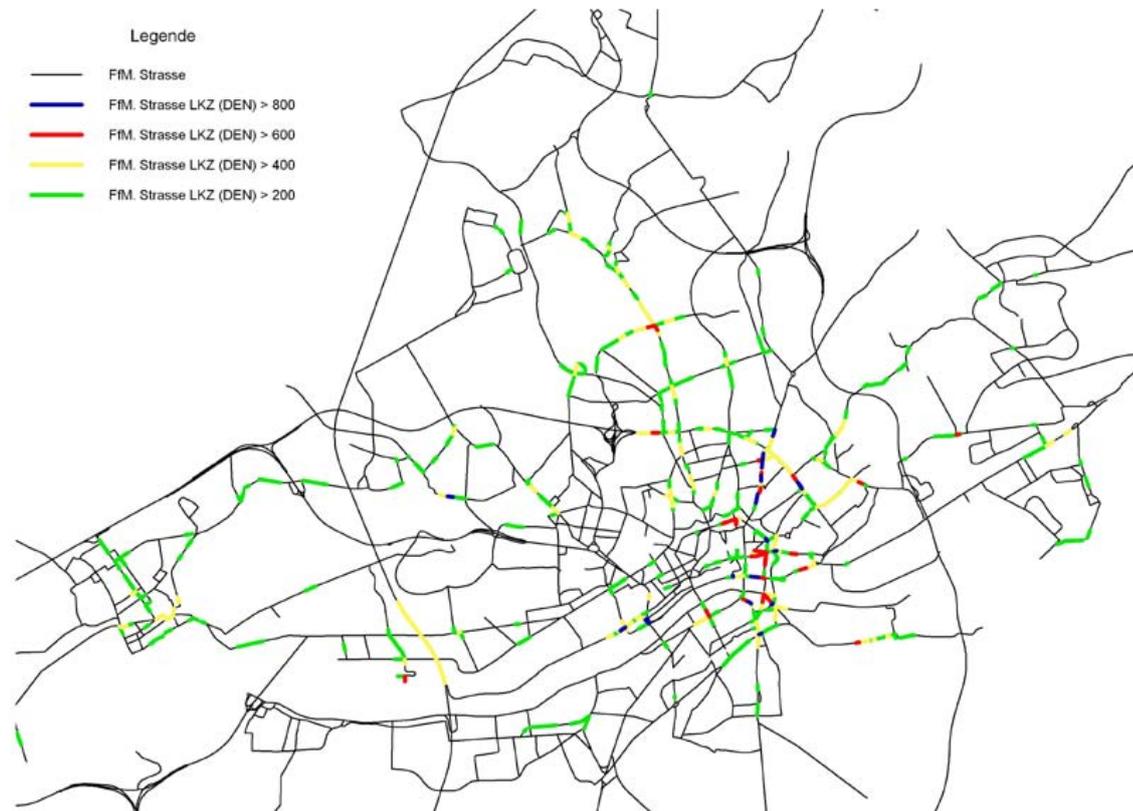


Abbildung 78: Darstellung der Lärmkennziffer (LKZ) gesamter Tag je Straßenabschnitt für den Ballungsraum Frankfurt am Main (zur Berechnung der LKZ vgl. Kapitel 4.3.1)

Abb. 25: Hotspots Straße, Frankfurt/Main (Regierungspräsidium Darmstadt, 2010)

4.10 Hannover

Als Auslösewerte für die LAP Hannover (Landeshauptstadt Hannover, 2009) werden die Werte 70 / 60 dB(A) herangezogen. Eine Priorisierung der Straßenabschnitte erfolgt über die - nicht näher

spezifizierte - Wohndichte und den L_{Night} . Daraus werden Belastungsstufen definiert (1 rot, 2 orange, 3 blau) und grafisch dargestellt. Stufe 1 steht für $L_{Night} > 65$ dB(A) bei hoher Wohndichte, Stufe 2 für $L_{Night} > 60$ dB(A) bei hoher Wohndichte und Stufe 3 für $L_{Night} > 60$ dB(A) bei mittlerer bis hoher Wohndichte.

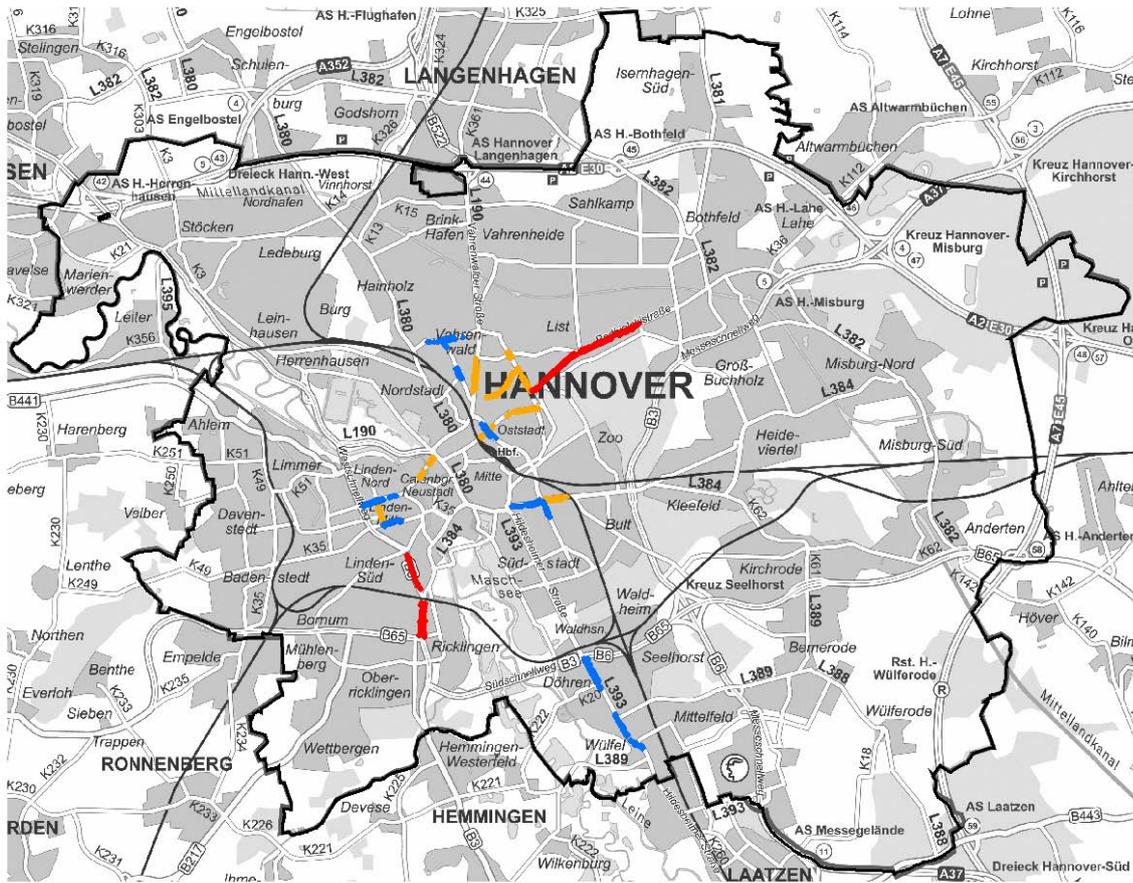


Abb. 2.3: Straßenverkehrslärm – Belastungsstufen (1-rot, 2-orange, 3-blau)

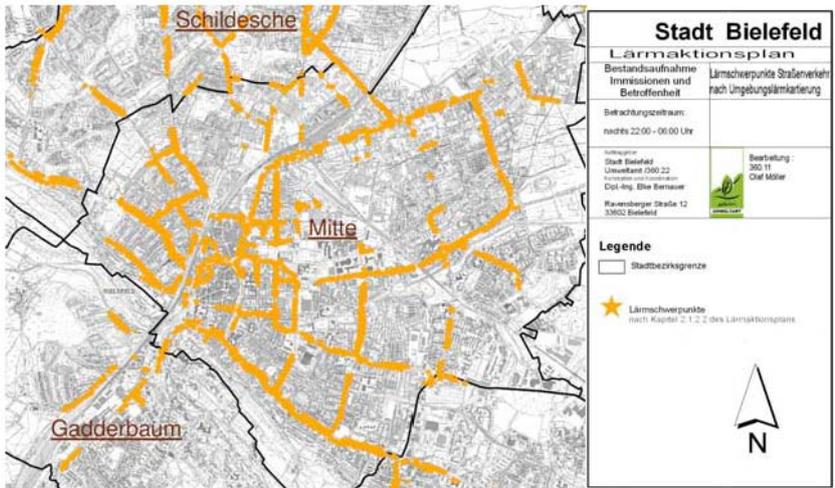
Abb. 26: Belastungsstufen, Hannover (Landeshauptstadt Hannover, 2009)

4.11 Aachen

In Abhängigkeit von Verkehrsstraße und Einwohnerdichte wurden im LAP Aachen (Stadt Aachen, 2011) zwei Prioritäten für die Lärmbrennpunkte entlang der Hauptverkehrsstraßen festgelegt: Stark befahrene Straßen mit hoher Anwohnerdichte erhalten die Prioritätsstufe 1, während nicht so stark befahrene Straßen mit hoher Anwohnerdichte und stark befahrene Straßen mit mittlerer oder geringer Anwohnerdichte der Stufe 2 zugeordnet werden. Eine Beschreibung, wie die Auswahl der tabellarisch aufgeführten Straßen erfolgte, wird im LAP nicht gegeben.

4.12 Bielefeld

Im Rahmen der Lärmaktionsplanung Bielefeld (Stadt Bielefeld, 2010) wird ein der LKZ-Ermittlung ähnliches Verfahren angewandt. Je Straßenabschnitt werden die (nach VBEB anteiligen) Zahlen der Einwohner mit Pegelwerten über $L_{Night} = 60$ dB(A) ermittelt. Deren Zahl wird durch die Straßenabschnittslänge dividiert. Der Abschnitt ist in der Lärmaktionsplanung dann vorrangig beachtenswert, wenn im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung hierfür Lärmprobleme benannt wurden.

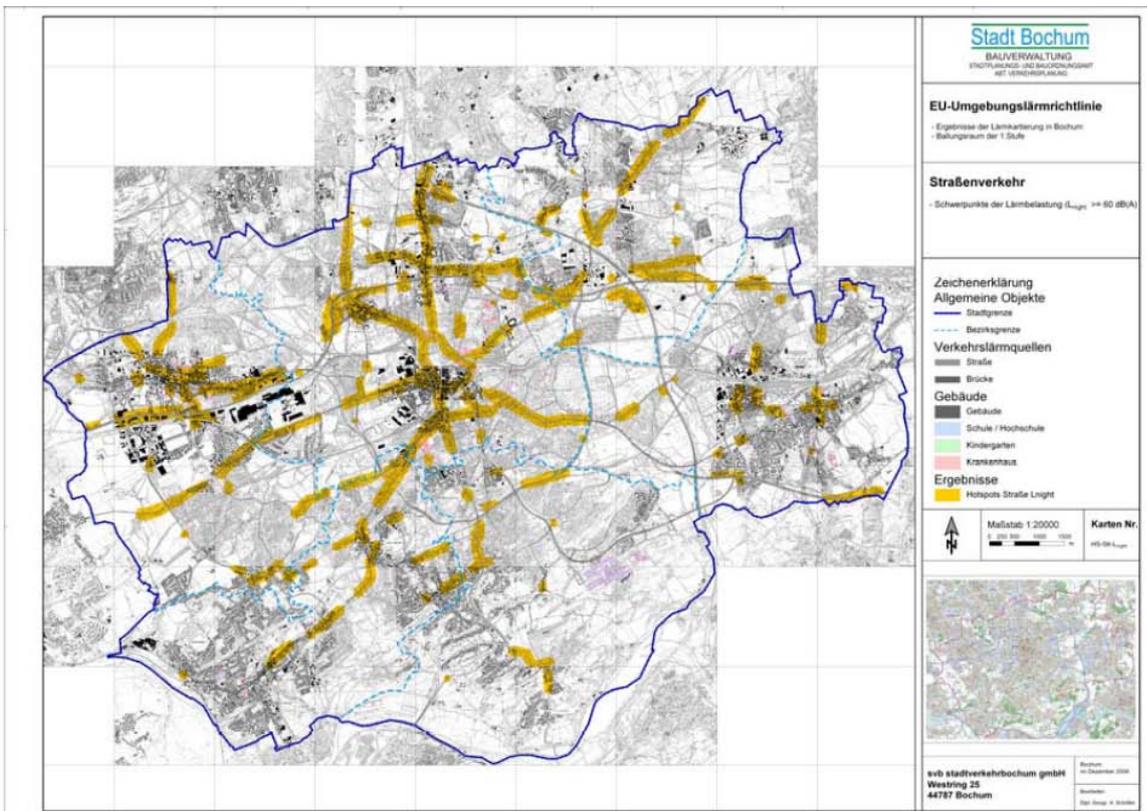


Karte 2: Lärmschwerpunkte Straßenverkehr

Abb. 27: Hotspots Straße, Bielefeld (Stadt Bielefeld, 2010)

4.13 Bochum

Auf der Basis des Schwellenwerts $L_{Night} = 60 \text{ dB(A)}$ werden im LAP Bochum (Stadt Bochum, 2010) Hotspots - für Straße und Straßenbahn separat - dadurch erhalten, dass Fassadenpegel von Wohngebäuden über diesen Schwellenwerten in einer Grafik als zusammenhängendes Band dargestellt werden. Näheres zum Verfahren ist nicht erläutert.



Karte 6: Lärmschwerpunkte – Straßenverkehr – L_{Night}

Abb. 28: Hotspots Straße, Bochum (Stadt Bochum, 2010)

4.14 Bonn

Als Kriterien für Belastungsbereiche in Bonn (Stadt Bonn, 2011) werden genannt (für die Straße): DTV > 4000 Kfz / Tag, Schwellenwert 70 / 60 dB(A), Wohnbebauung in der Nähe der Straße vorhanden. Die so erhaltenen Belastungsachsen werden in einer Karte dargestellt, inkl. Straßenbahn, was eine Berücksichtigung von Mehrquellenbelastungen erlaubt.

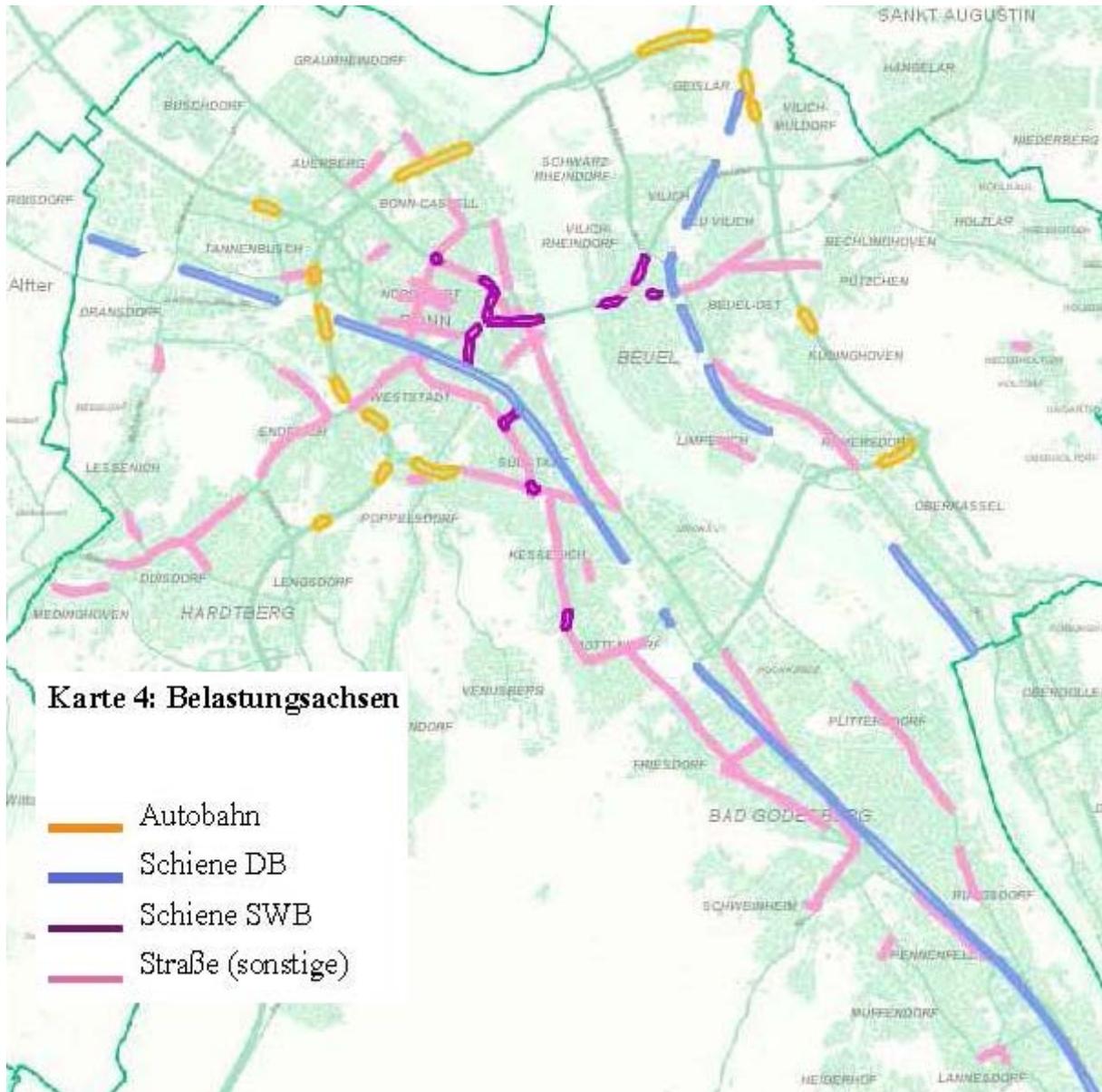


Abb. 29: Belastungsachsen, Bonn (Stadt Bonn, 2011), Ausschnitt

4.15 Dortmund

Es werden keine Hotspots aufgezeigt (Stadt Dortmund, 2011).

4.16 Duisburg

Für die Feststellung von Hotspots im Rahmen der LAP Duisburg (Stadt Duisburg, 2010) werden die Wohngebäude entsprechend ihres Pegelwertes in der grafischen Darstellung eingefärbt.

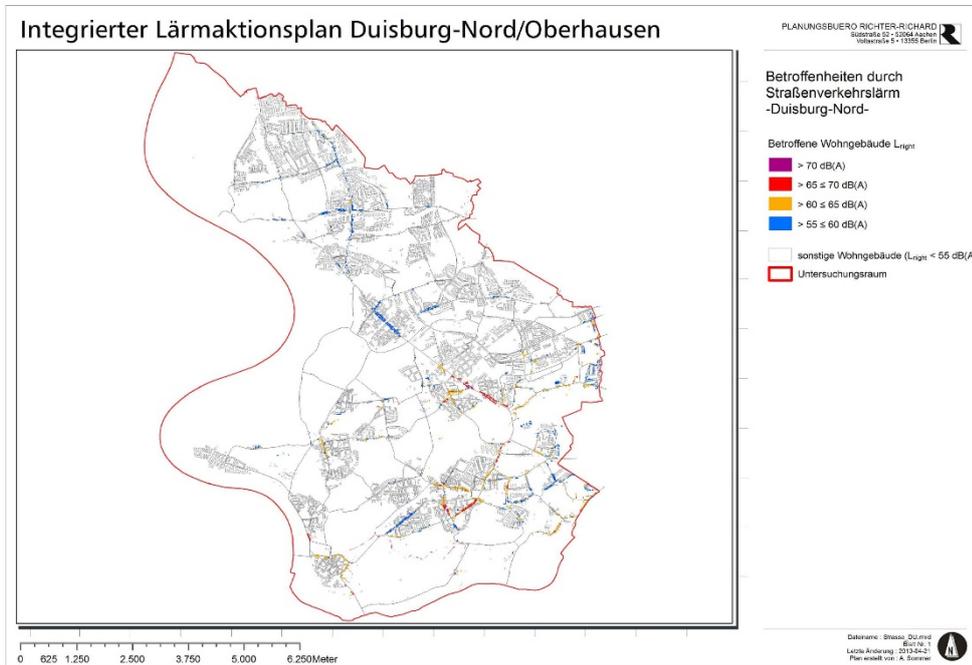


Abb. 30: Betroffenheiten, Duisburg (Stadt Duisburg, 2010)

Zur Festlegung von Belastungsachsen - und bei deren räumlicher Nähe Belastungsräumen - wird neben dem 70 / 60 dB(A)-Kriterium auch gefordert, dass pro solch einem betroffenen Straßenabschnitt mehr als 10 Einwohner vorhanden sind.

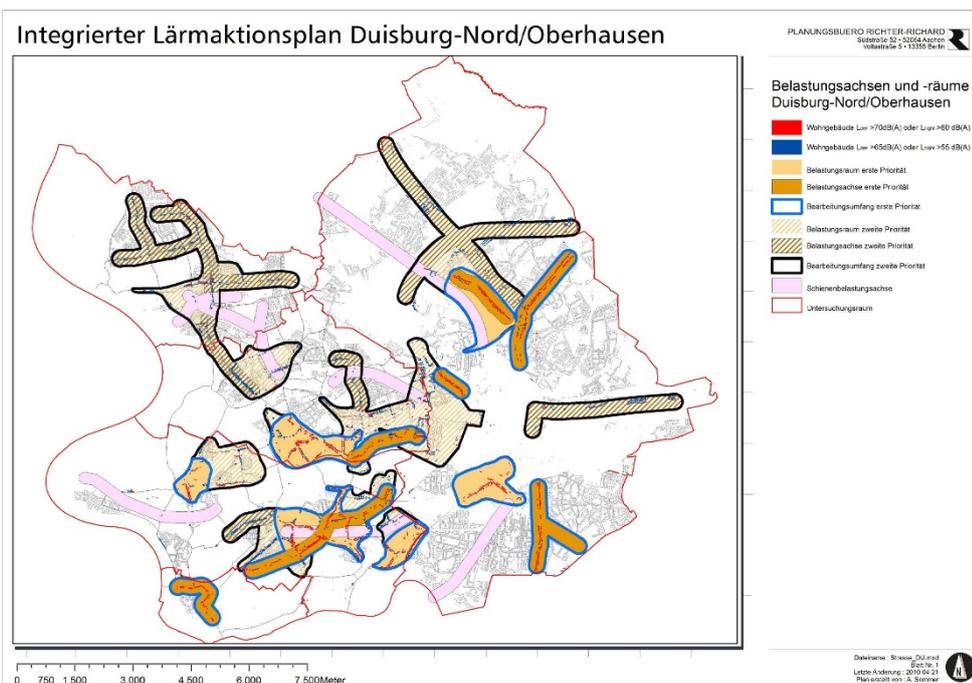


Abb. 31: Belastungsachsen, Duisburg (Stadt Duisburg, 2010)

4.17 Düsseldorf

Betrachtet werden im LAP Düsseldorf (Landeshauptstadt Düsseldorf, 2011) zunächst alle Straßenabschnitte mit Pegeln > 70 / 60 dB(A) und mehr als 50 Einwohnern. Eine Priorisierung erfolgt dann über die Abschnittslänge pro Zahl der dort lebenden Einwohner in 2 Kategorien. Für Werte < 0,5 liegt die 1. Priorität vor, für Werte > 0,5 die 2. Priorität.

Abbildung 4-1: Straßenabschnitte Masterplan, 1. u. 2. Priorität

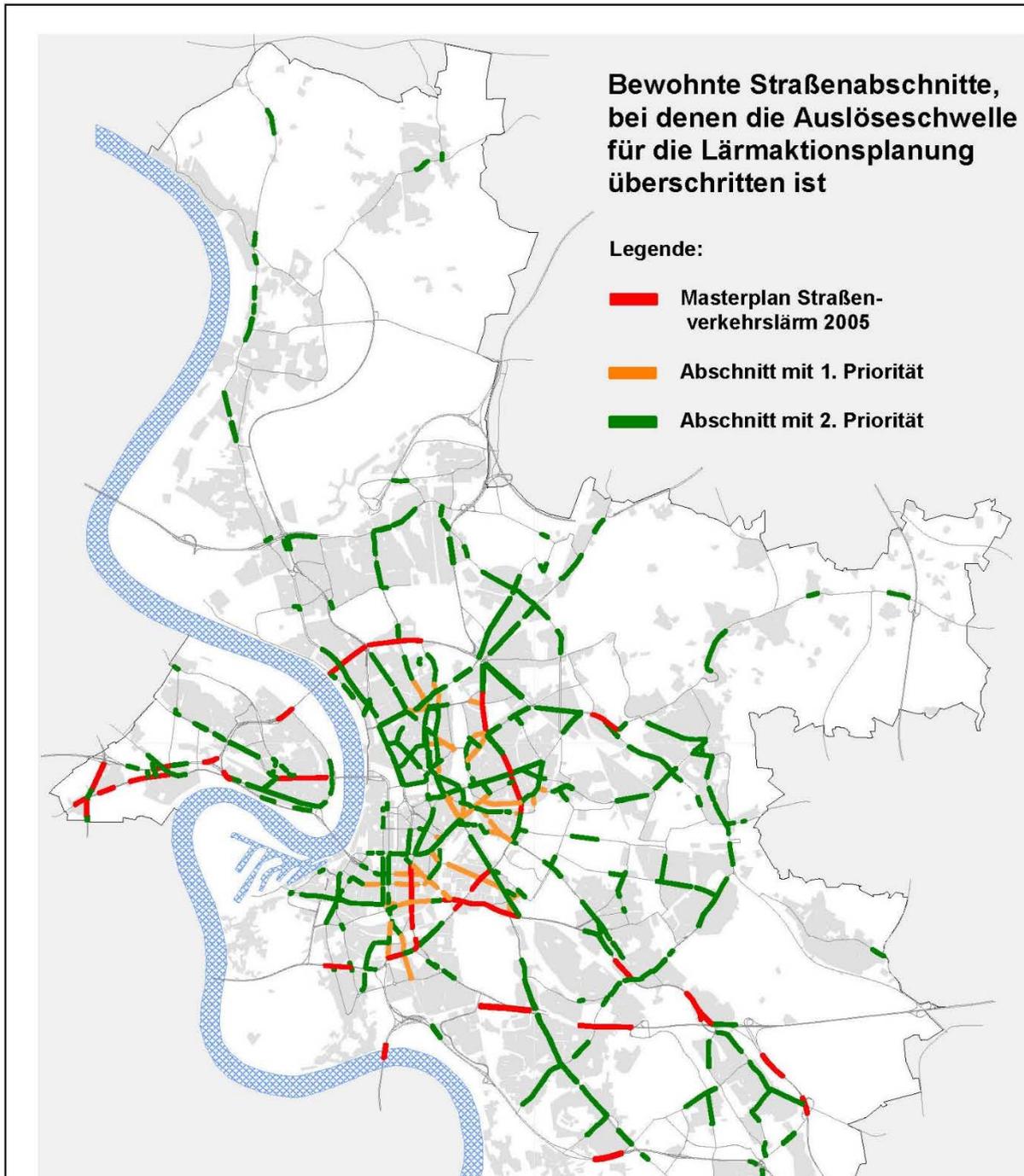


Abb. 32: Priorisierte Straßenabschnitte, Düsseldorf (Landeshauptstadt Düsseldorf, 2011), Ausschnitt

4.18 Essen

Die Hotspots werden im LAP Essen (Stadt Essen, 2010) insbesondere durch den Noise Score aufgezeigt. Daneben werden auch die Auslöswerte 70 / 60 dB(A) herangezogen. Tabellarisch sind 29 Brennpunkte für Straßenverkehr und 3 für Straßenbahnen aufgeführt. Einzelne Wohngebäude und Bereiche mit vorwiegend gewerblicher Nutzung werden nicht berücksichtigt.

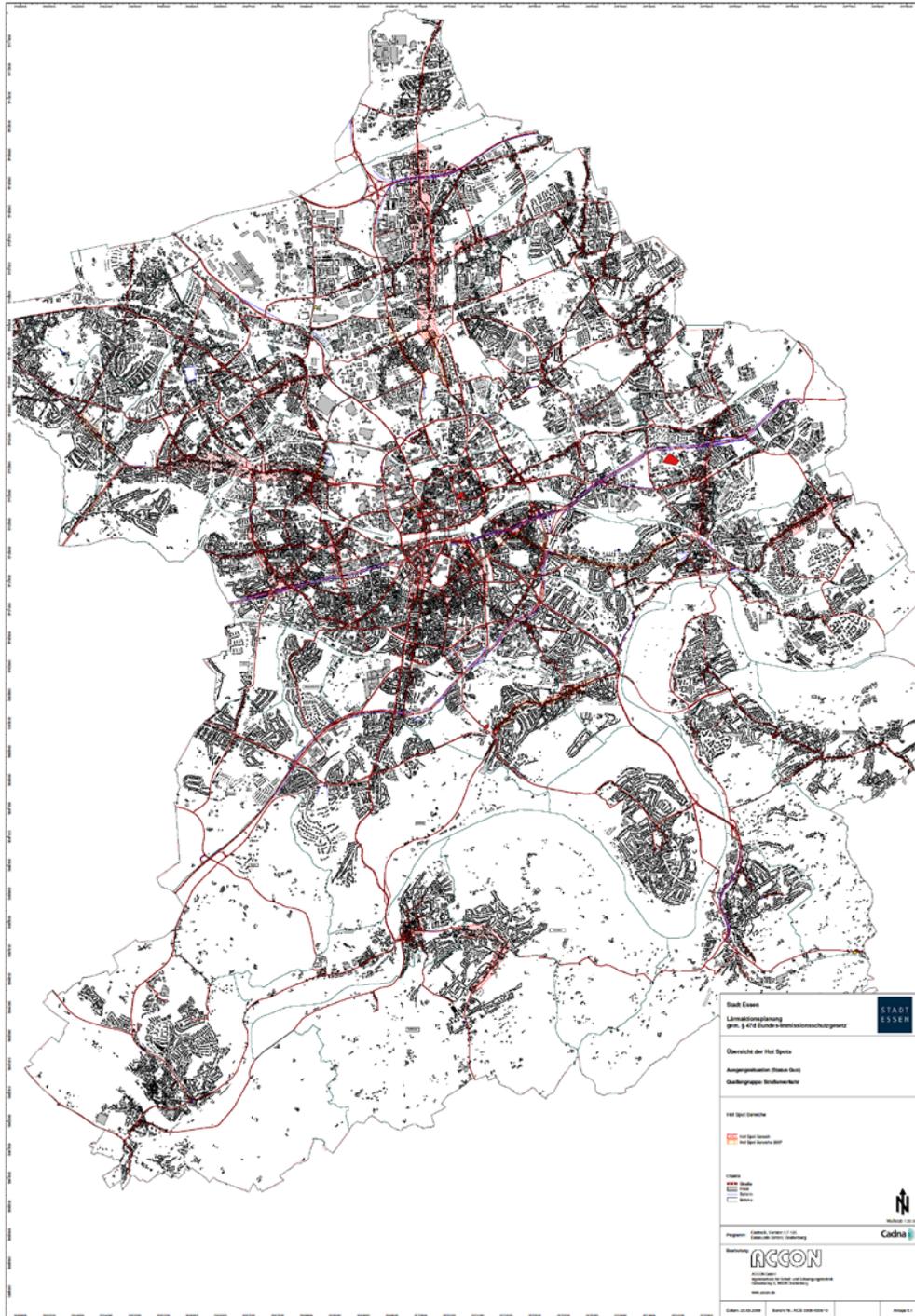


Abb. 33: Lärmbrennpunkte, Essen (Stadt Essen, 2010)

4.19 Gelsenkirchen

Die räumliche Identifikation der Handlungsschwerpunkte erfolgt im LAP Gelsenkirchen (Stadt Gelsenkirchen, 2009) auf der Basis der Betroffenenichte, wobei Pegel > 65 dB(A) (L_{DEN}) erreicht sein müssen.

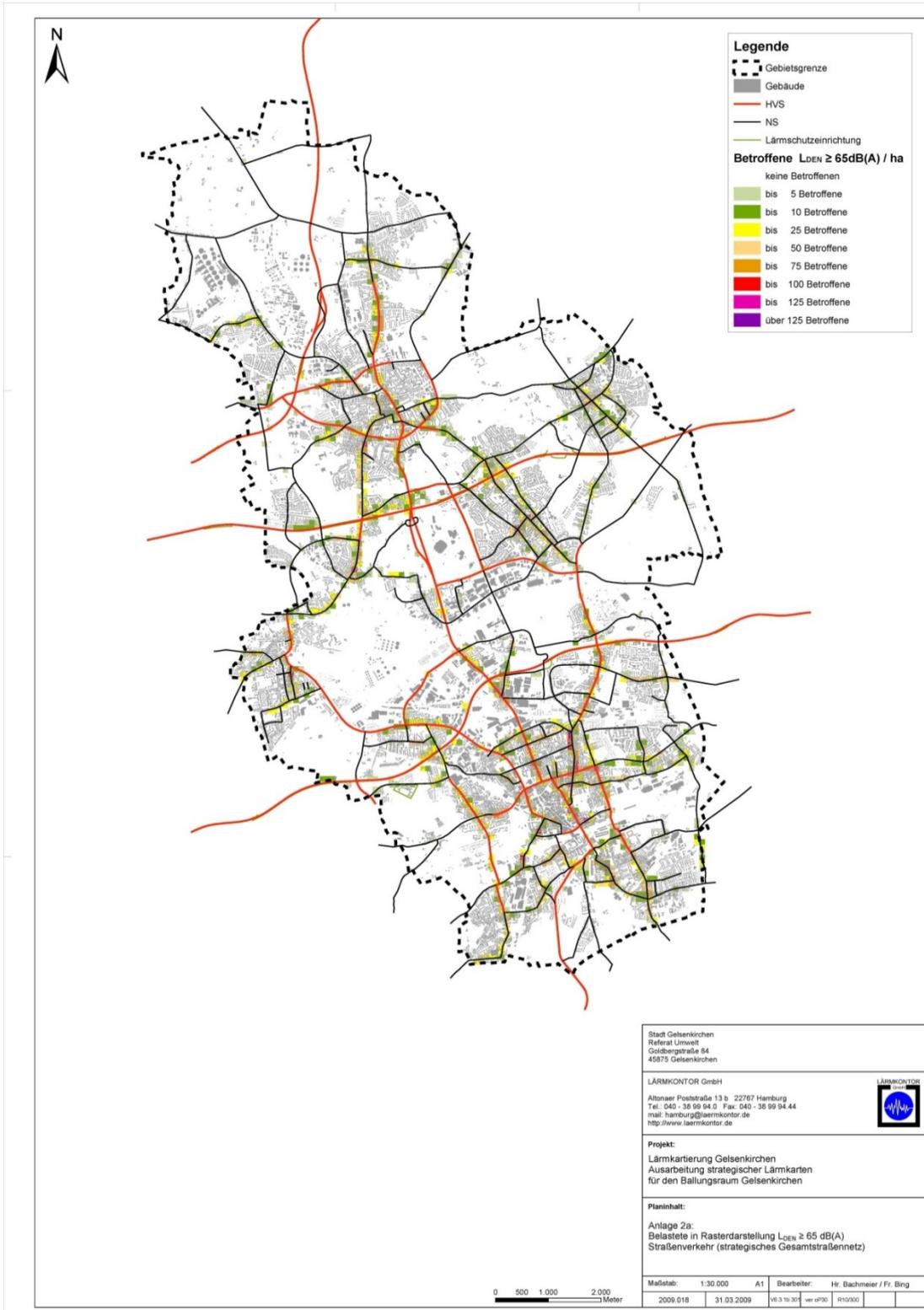


Abb. 34: Betroffendendarstellung, Gelsenkirchen (Stadt Gelsenkirchen, 2009)

4.20 Köln

Der LAP Köln (Stadt Köln, 2011) ist noch nicht fertiggestellt. Im breiten Umfang findet eine Öffentlichkeitsbeteiligung statt.

Ebenso wie im LAP Gelsenkirchen werden Belastungsschwerpunkte durch die Angabe von Betroffenen-dichten (Betroffene / ha, hier über 70 dB(A)) grafisch dargestellt. Zusätzlich werden diese belasteten Straßen visualisiert. Es erfolgt eine Berücksichtigung / Darstellung von Mehrquellenbelastungen.

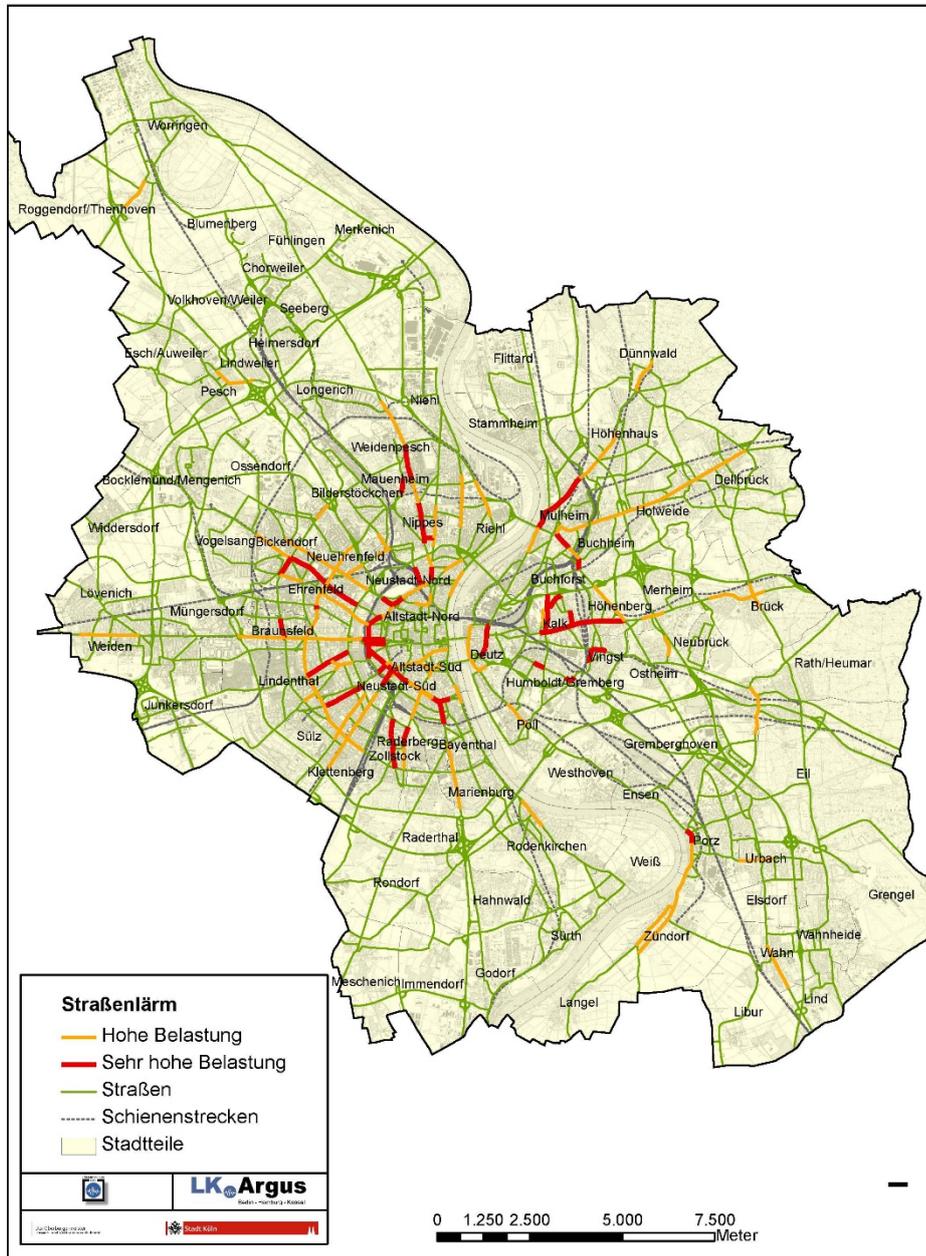


Abb. 35: Belastungsschwerpunkte, Köln (Stadt Köln, 2011)

4.21 Mönchengladbach

Neben den Auslösewerten 70 / 60 dB(A) werden im LAP Mönchengladbach (Stadt Mönchengladbach, 2012) Belastungsachsen identifiziert. Das Vorgehen ist dem in Duisburg vergleichbar.

Die Zahl belasteter Einwohner über dem Schwellenwert pro 10 m Straßenlänge (bzw. Schienenstrecke) wird grafisch dargestellt. Aus der räumlichen Dichte von Belastungsachsen ergeben sich Belastungsräume.

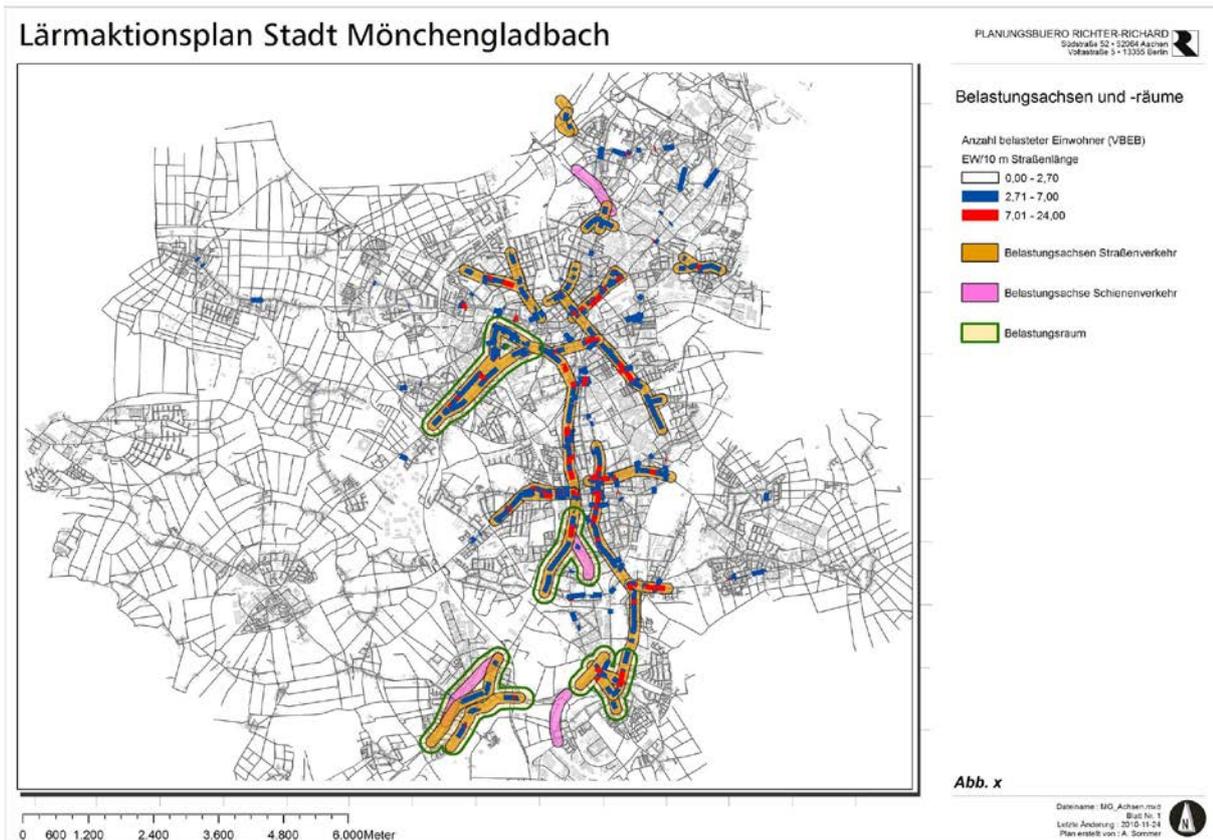


Abb. 36: Belastungsachsen, Mönchengladbach (Stadt Mönchengladbach, 2012)

4.22 Wuppertal

Der LAP liegt nicht vor.

4.23 Dresden

Für die Bewertung der Lärmbelastung wird im LAP Dresden (Landeshauptstadt Dresden, 2009) die Gebietsnutzung (über die Flächennutzung) mitberücksichtigt. Visualisiert werden die Wohnbauflächen, die insbesondere Pegeln $> 65 \text{ dB(A)} L_{\text{DEN}}$ ausgesetzt sind. Für stark betroffene Bereiche wird in einem zweiten Schritt die Einwohnerdichte grafisch dargestellt. Zur „pointierteren“ Herausarbeitung der Handlungsschwerpunkte wurde der Betroffenheitsindex (BI) für den L_{Night} herangezogen. Dieser entspricht der LKZ; der Schwellenwert liegt bei 55 dB(A) . Bei einem $\text{BI} / \text{ha} \geq 40$ für die Straße und ≥ 20 für die Straßenbahn (bei Flächenbetrachtung) wird von einer hohen Betroffenheit ausgegangen. Auch einer Mehrfachbelastung kann durch Addition der BI-Werte Rechnung getragen werden.

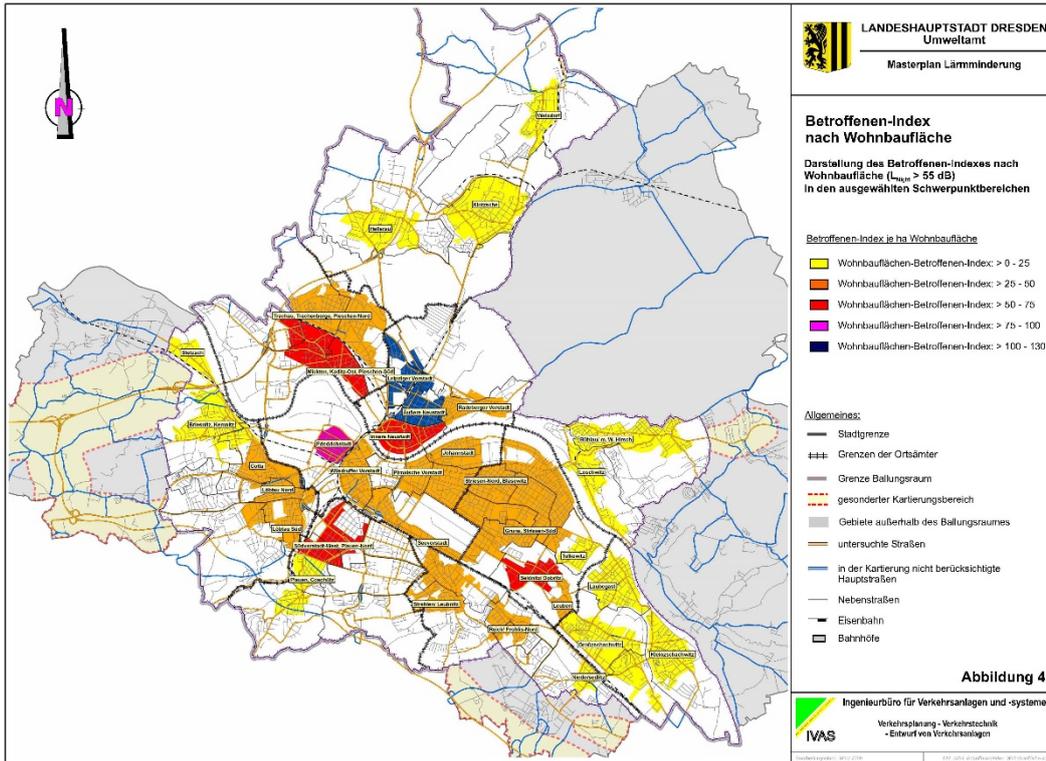


Abb. 37: Betroffenen-Index, Dresden (Landeshauptstadt Dresden, 2009)

Zusätzlich wurden bereits bekannte, besonders stark betroffene Straßenabschnitte betrachtet (Tagpegel, berechnet nach RLS-90, $> 75 \text{ dB(A)}$) und Abschnitte mit einem BI > 4 , wobei der Schwellenwert $L_{\text{Night}} > 60 / 65 \text{ dB(A)}$ ist.

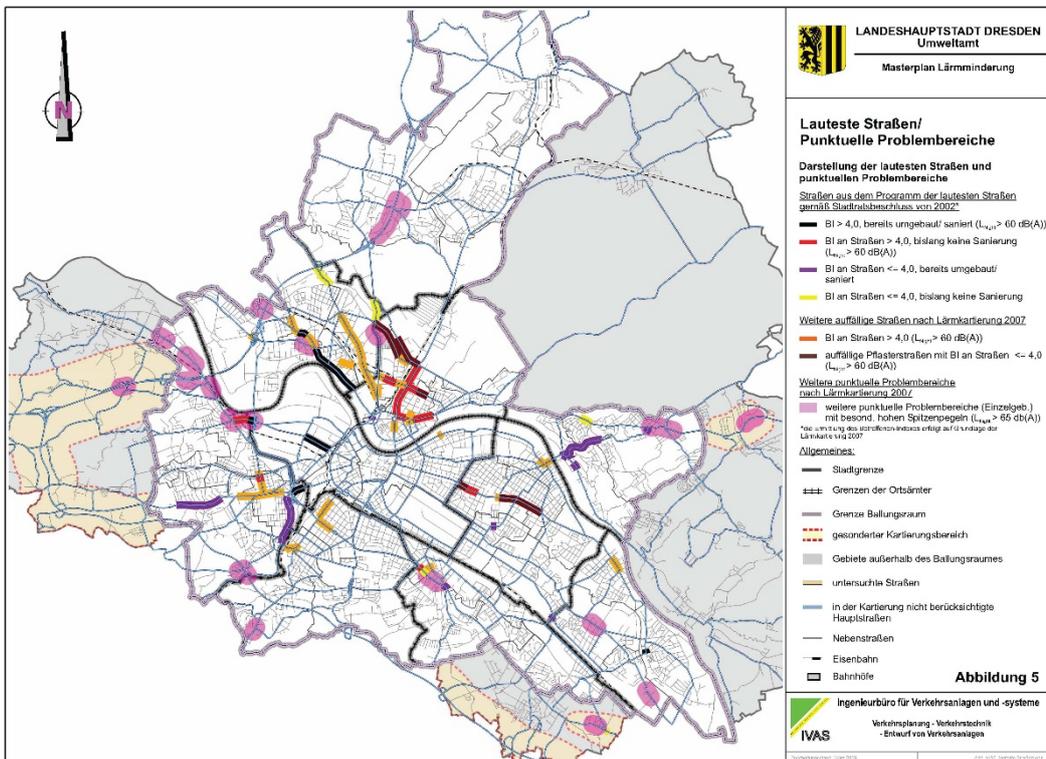


Abb. 38: Lauteste Straßen, Dresden (Landeshauptstadt Dresden, 2009)

4.24 Leipzig

Eine Priorisierung der Handlungsschwerpunkt im Rahmen der LAP Leipzig (Stadt Leipzig, 2011) erfolgt auf der Basis der Auslöswerte 70 / 60 dB(A). Tabellarisch werden die Straßenabschnitte je Ortsteil mit der Anzahl der Betroffenen dargestellt.

4.25 Magdeburg

Im LAP Magdeburg (Landeshauptstadt Magdeburg, 2009) wird neben der Lärmkennzahl, die die gleiche Struktur wie die LKZ hat und für den Nachtbereich mit einem Schwellenwert von 55 dB(A) angewandt wird, eine Gebäudekennzahl, GKZ, berechnet, die die auf die Grundfläche eines Gebäudes bezogene Lärmkennzahl ist. In der nachfolgenden Abbildung ist die eine darauf beruhende Hotspot-Analyse dargestellt.

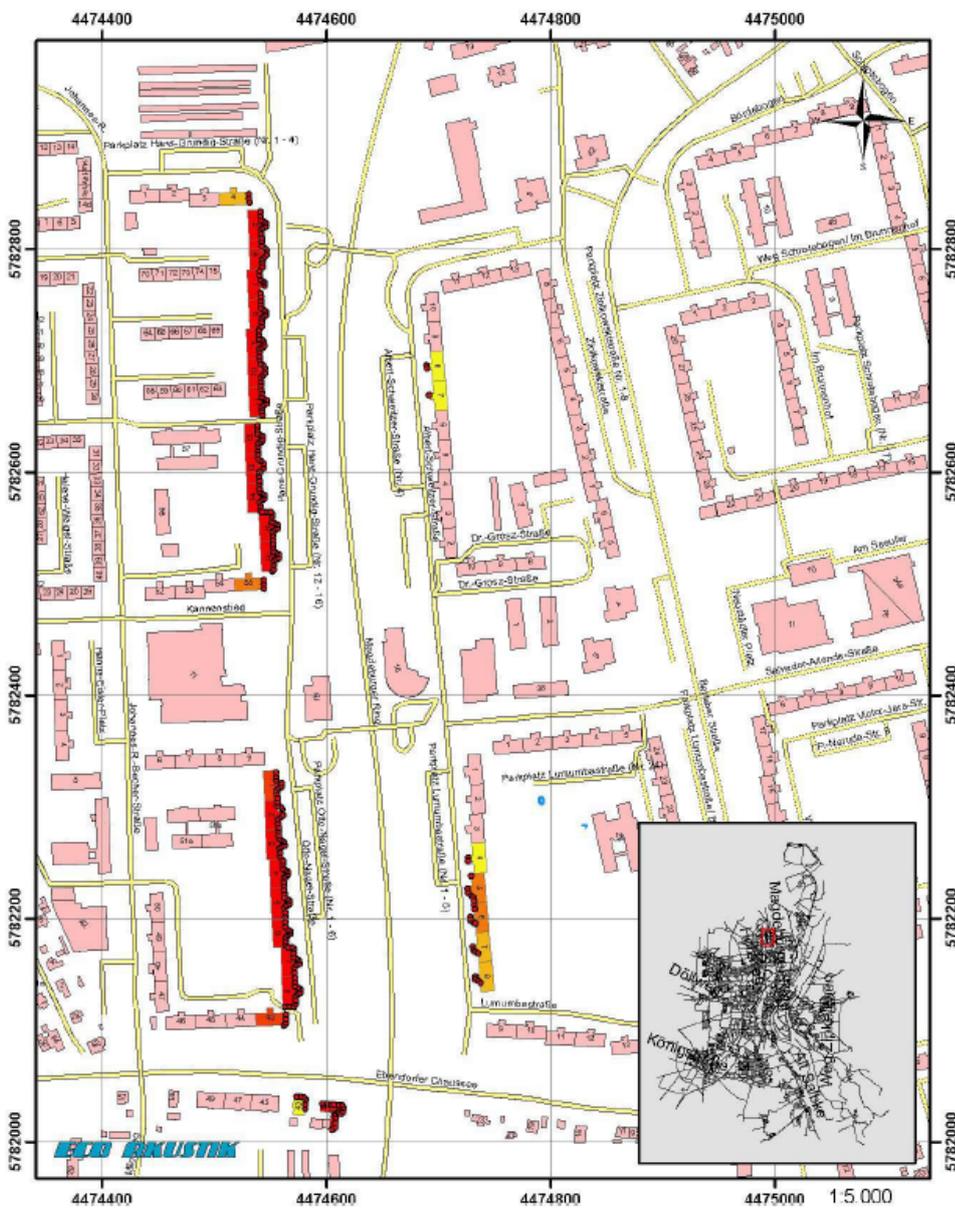


Bild 5: Hotspot Magdeburger Ring (B 71) Nord

Abb. 39: Hotspot-Analyse GKZ, Magdeburg (Landeshauptstadt Magdeburg, 2009)

4.26 Kiel

Die Hotspot-Analyse erfolgt im LAP Kiel (Landeshauptstadt Kiel, 2008) mit der auf 100 m normierten LKZ mit den Schwellenwerten 65 / 55 dB(A).

4.27 Tabellarische Übersicht

In der Tabelle 3 sind die in den LAP der betrachteten deutschen Kommunen verwendeten Verfahren zur Hotspot-Analyse nochmals zusammengefasst.

Tab. 3: Hotspot-Identifizierungsverfahren in Lärmaktionsplänen Deutschland

Land	Ballungsraum/Kommune	Bemerkung
Baden-Württemberg	Baden-Baden	Nicht angegeben
	Karlsruhe	Schwellenwert + Einwohnerdichte
	Mannheim	Schwellenwert + Einwohnerdichte
	Stuttgart	Mehrquellenbelastung Schwellenwerte
Bayern	Augsburg	Schwellenwert + Benennung
	München	Schwellenwert +P
	Nürnberg	Liegt noch nicht vor
	Schweinfurt	Schwellenwert + NS
Berlin	Berlin	LKZ
Bremen	Bremen	Schwellenwert
Hamburg	Hamburg	Schwellenwert
Hessen	Frankfurt	LKZ
	Wiesbaden	LKZ
Mecklenburg-Vorpommern	Schwerin	LKZ
	Rostock	Pegel + Einwohnerdichte
Niedersachsen	Hannover	Schwellenwert + Einwohnerdichte

Verfahren zur Identifizierung von Lärmbrennpunkten

Land	Ballungsraum/Kommune	Bemerkung
Nordrhein-Westfalen	Aachen	Straße + Einwohnerdichte
	Bielefeld	LKZ
	Bochum	Schwellenwert
	Bonn	DTV + Schwellenwert
	Dortmund	Keine Hotspots
	Duisburg-Oberhausen	Schwellenwert
	Düsseldorf	Schwellenwert + Abschnittslänge pro Einwohner
	Essen	NS + Schwellenwert
	Gelsenkirchen	Schwellenwert + Einwohnerdichte
	Köln	U.a. Benennung
	Mönchengladbach	Schwellenwert
Wuppertal	Liegt nicht vor	
Rheinland-Pfalz	Mainz	Sanierungspriorität Px (Kombination von Lärmpegel + Einwohnerzahl)
Saarland	Saarbrücken	Schwellenwert + Einwohnerdichte
Sachsen	Dresden	BI
	Leipzig	Schwellenwert + Einwohnerdichte
Sachsen-Anhalt	Magdeburg	LKZ
Schleswig-Holstein	Kiel	LKZ
Thüringen	Erfurt	Schwellenwert + LKZ

5 Vorschlag für ein Hotspot-Identifizierungsverfahren

Die in den LAP verwendeten und in der Literatur vorgeschlagenen Verfahren lassen sich i.Allg. den Methoden

- Linear (bspw. LKZ)
- Exponentiell (bspw. NS)
- Bevölkerungsindex (bspw. G_{den})
- Berücksichtigung HA
- Schwellenwertsetzung

zuordnen⁸.

Um eine Empfehlung für ein Hotspot-Identifizierungsverfahren treffen zu können, muss sichergestellt sein, dass das Verfahren auch tatsächlich geeignet ist, Lärmschwerpunkte „treffsicher“ aufzuzeigen. Eine zu große Zahl identifizierter Hotspots ist i.Allg. genauso wenig hilfreich wie eine sehr kleine Zahl. Dazu ist es erforderlich, die Verfahren für ein Testgebiet gegenüberzustellen.

5.1 Test der Verfahren

Um die Güte und Sensibilität der Verfahren untereinander vergleichen zu können, wurden diese auf ein Testgebiet angewandt. Für dieses wurden die Fassadenpegel mit dem Schallberechnungsprogramm SoundPLAN 7.1 nach VBEB berechnet und die Einwohner anteilig zugeordnet.

Folgende Verfahren wurden betrachtet⁹:

- Lärmkennziffer(LKZ)
- Noise Score (NS)
- Lärmbewertungsmaß (P-Wert)
- Bevölkerungsindex (UCE_{den})
- Highly Annoyed (HA).

Die entsprechenden mathematischen Zusammenhänge wurden in die Expert-Tabelle von SoundPLAN implementiert. Für jeden Immissionspunkt wurde der entsprechende Wert (bspw. LKZ) berechnet. Diese Informationen (Lage des Immissionspunktes, Pegel, anteilige Einwohnerzahl, Wert der Hotspot-Größe) wurden als Shapefile aus SoundPLAN exportiert.

In ArcGIS10 wurden Rasterzellen (Raster über das gesamte Untersuchungsgebiet) erstellt.

Mit Hilfe des Tools „Räumliche Verbindung“ von „Spatial Join“ wurden die importierten Ergebniswerte je Rasterzelle aufsummiert. Diese Zellen, mit der unterschiedlichen Ausprägung der Werte der Hotspot-Größe, wurden grafisch umgesetzt. Die Daten wurden entweder als Absolutwerte, prozentual oder logarithmisch dargestellt. Für die Klassifizierung wurde eine lineare oder eine natürliche Unterbrechung nach Jenks (so in ArcGIS10 implementiert) gewählt. Zusätzlich wurde der Einfluss des Schwellenwerts sowie der Größe der Bezugskachel untersucht.

Eine lineare Darstellung der Absolutwerte macht die Darstellungen schwer vergleichbar, da im Testgebiet die Wertebereiche der einzelnen Verfahren extrem unterschiedlich sind. In der nachfolgenden Tabelle ist der Wertebereich insgesamt und für das letzte (6. Intervall) angegeben.

⁸ Auf z.T. ergänzende Größen wurde oben schon eingegangen.

⁹ Auf eine Darstellung der Einwohner / Gebäude über Schwellenwert wurde verzichtet, da sie aus den Isophonenkarten abgeleitet werden kann.

Tab. 4: Wertebereich der Hotspot-Identifizierungsverfahren im Testgebiet

Verfahren	Wertebereich gesamt	Wertebereich letztes Intervall
LKZ	0 - 781	652 - 781
NS	0 - 10.617.400	8.496.920 - 10.617.400
P-Wert	0 - 6.350	5.293 - 6.350
UCE _{den}	0,69 - 81,58	68,11 - 81,58
HA	0 - 5.143	4.287 - 5.143

In den nachfolgenden Abbildungen erfolgt eine Darstellung der prozentualen Werte bei einer linearen Klassifizierung, einer Rastergröße von 100 m x 100 m und dem Schwellenwert (wenn vorhanden) von 65 dB(A) für den Lärmindikator L_{DEN}.

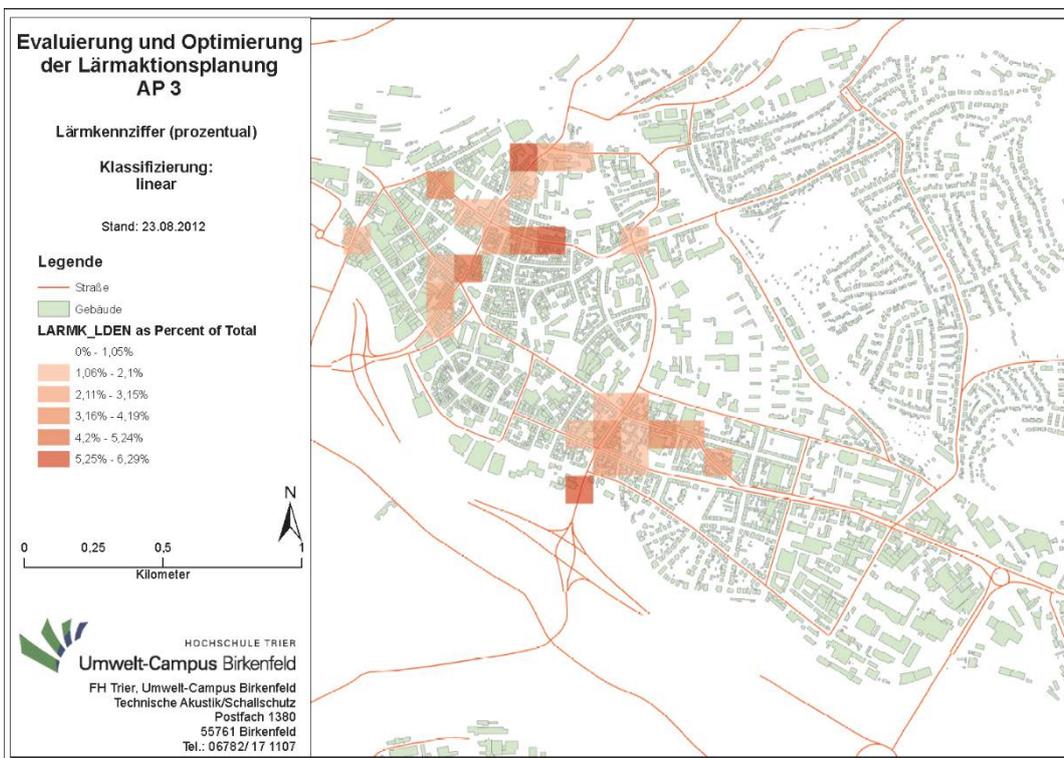


Abb. 40: LKZ (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik)

Verfahren zur Identifizierung von Lärmbrennpunkten

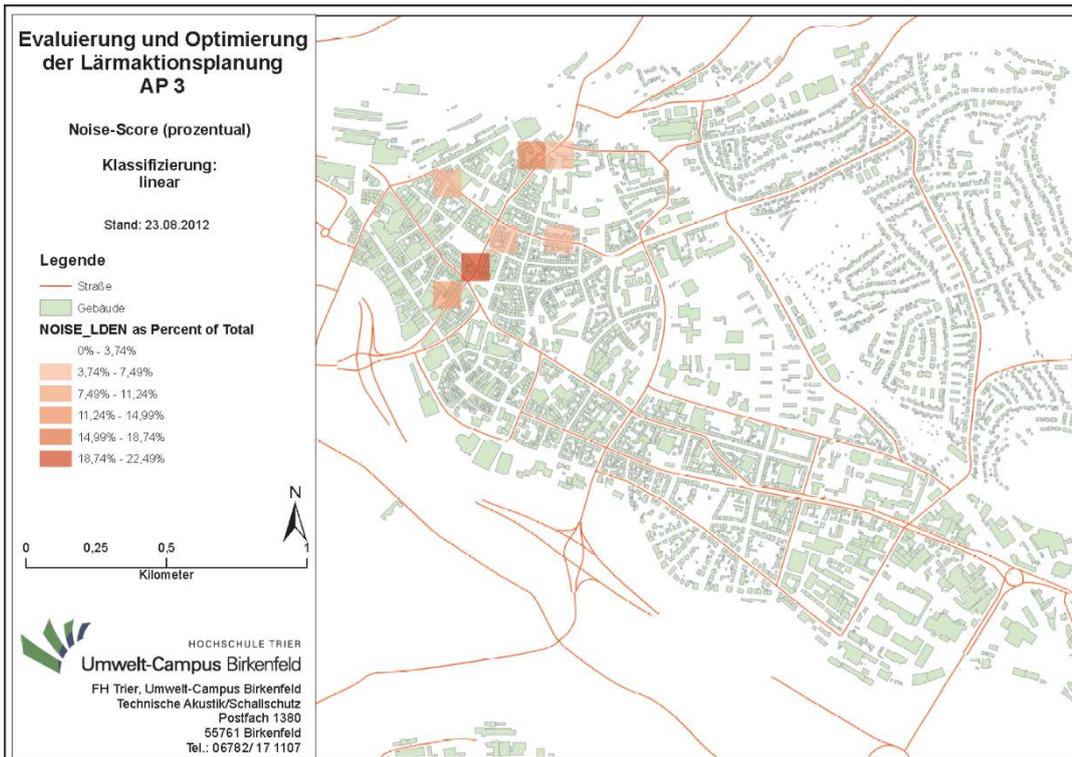


Abb. 41: NS (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik)

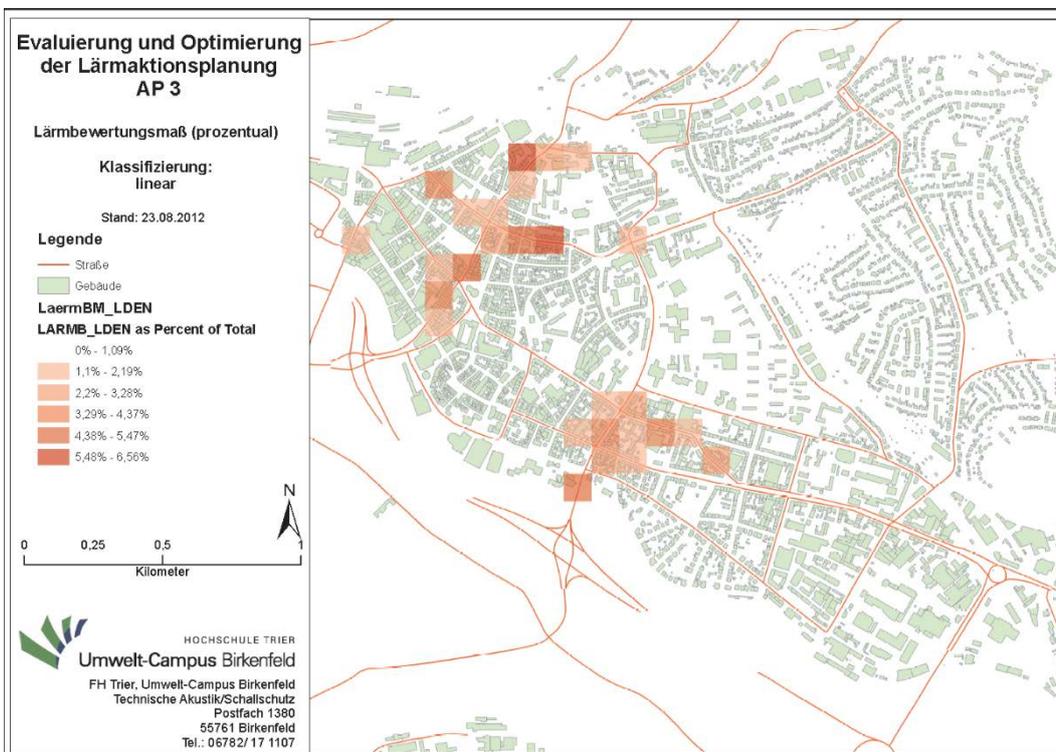


Abb. 42: P-Wert (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik)

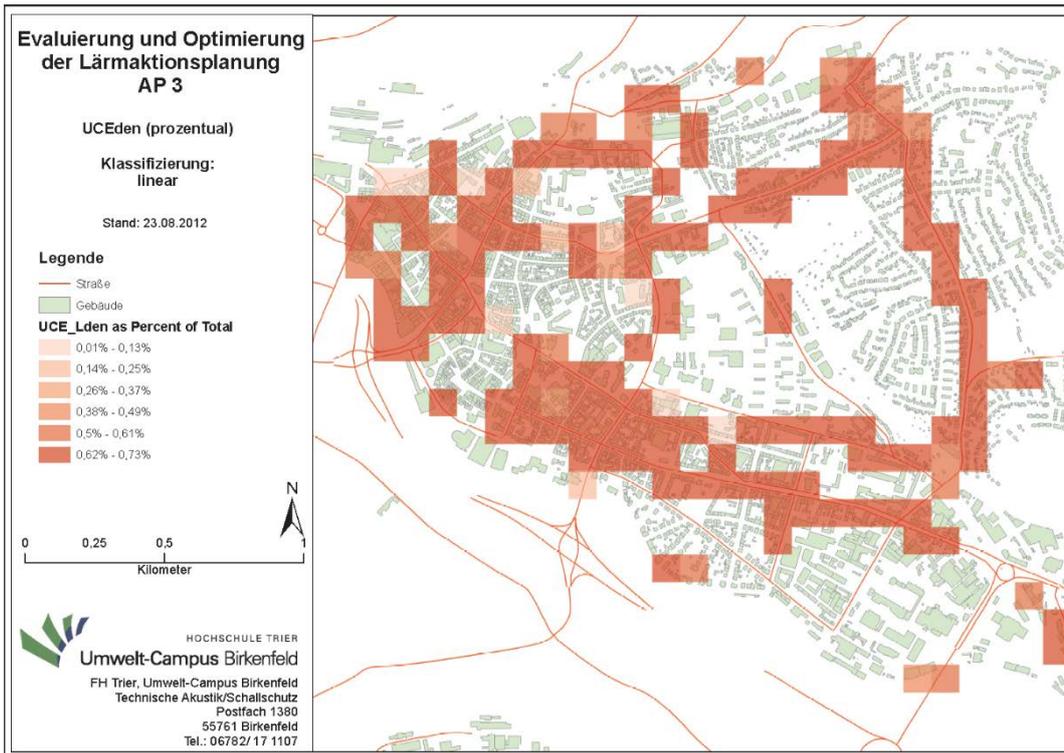


Abb. 43: UCEden (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik)

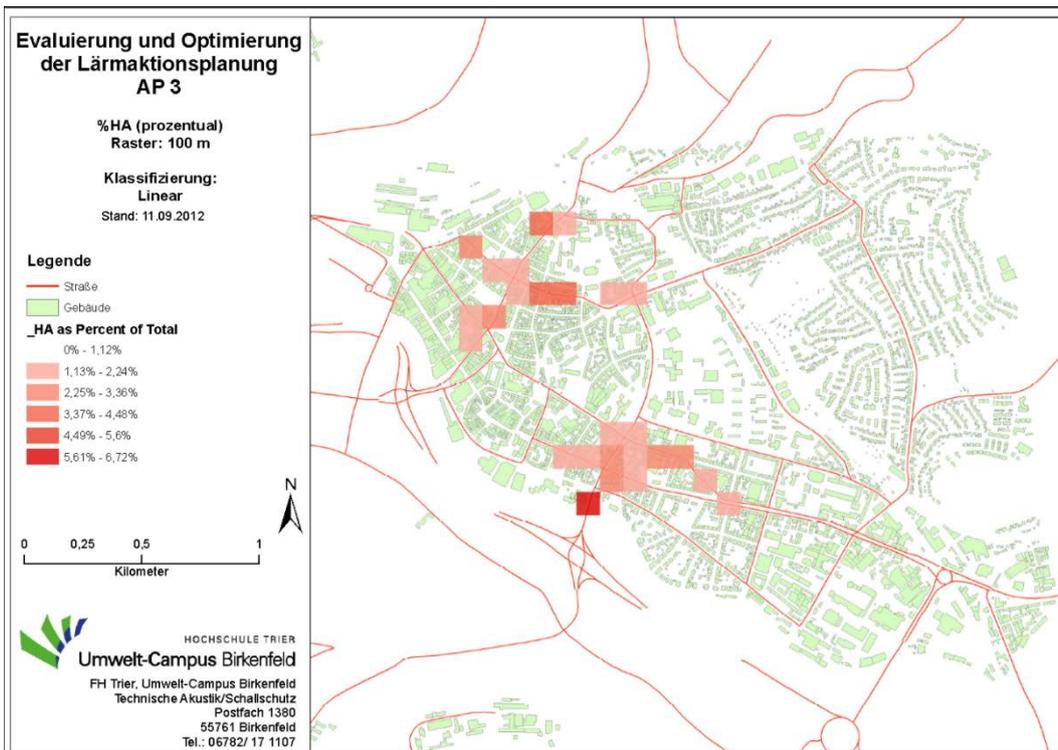


Abb. 44: HA (prozentual), lineare Klassifizierung (eigene Grafik)

In den nachfolgenden Abbildungen erfolgt eine Darstellung der prozentualen Werte bei einer natürlichen Klassifizierung nach Jenks, einer Rastergröße von 100 m x 100 m und dem Schwellenwert (wenn vorhanden) von 65 dB(A) für den Lärmindikator L_{DEN} .

Als Beispiel werden hier nur LKZ und NS angegeben; die Hotspots des NS sind jetzt denen der LKZ aus Abbildung 40 vergleichbar.

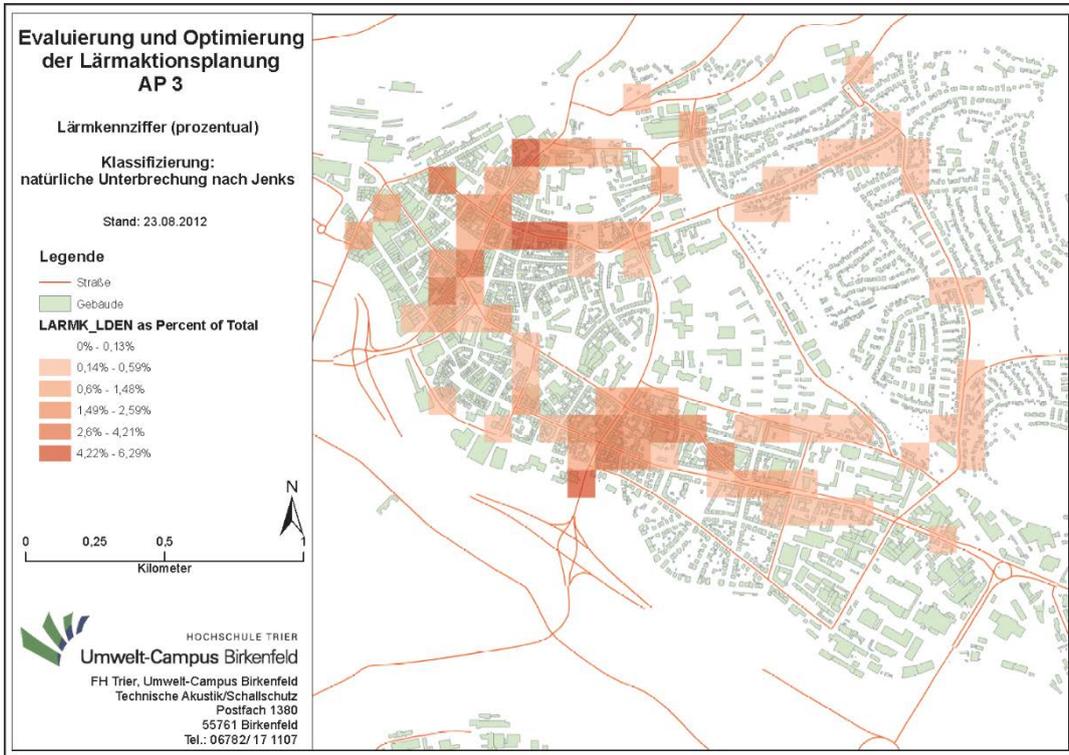


Abb. 45: LKZ (prozentual), natürliche Klassifizierung (eigene Grafik)

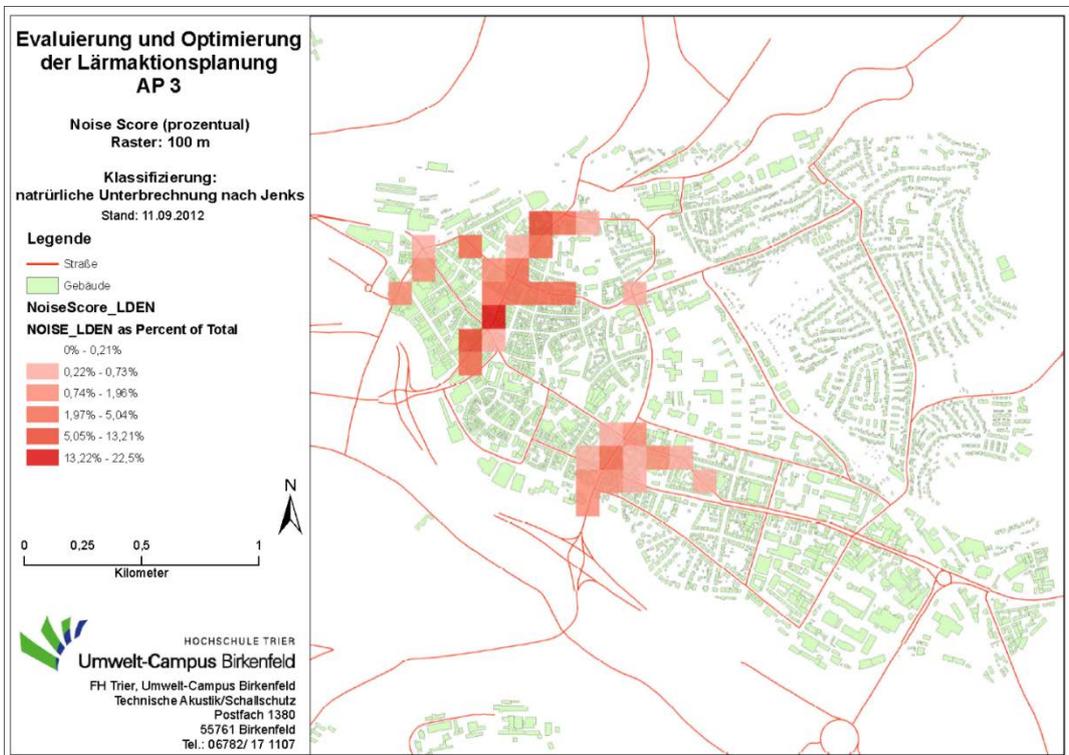


Abb. 46: NS (prozentual), natürliche Klassifizierung (eigene Grafik)

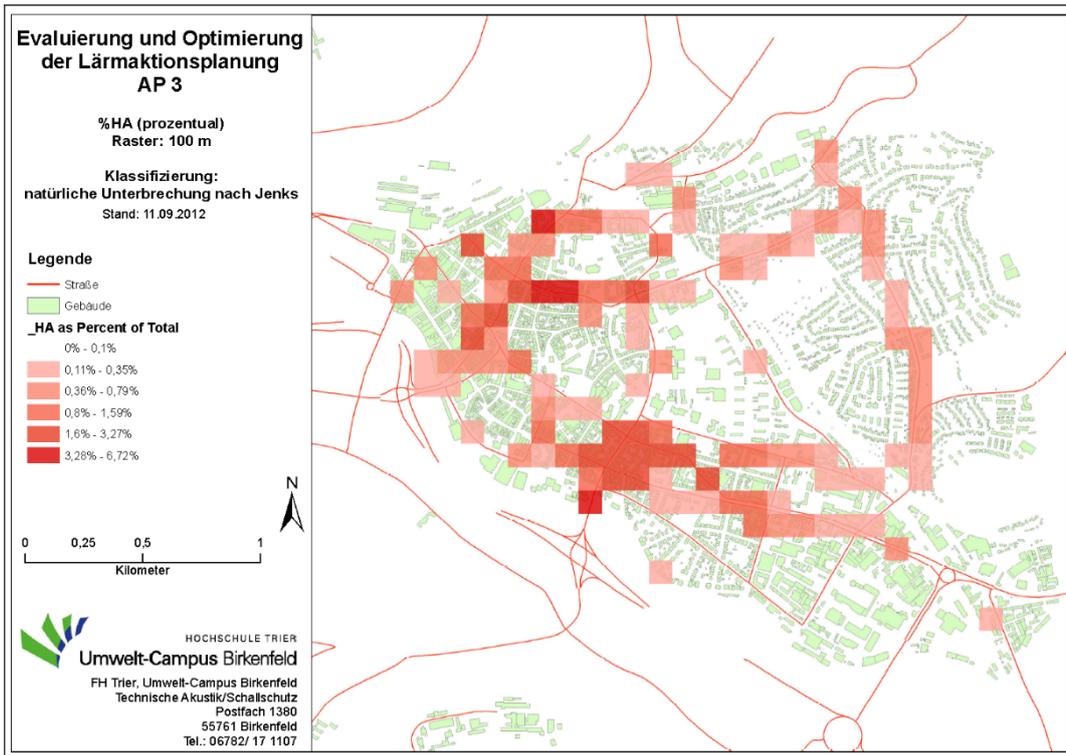


Abb. 47: HA (prozentual), natürliche Klassifizierung (eigene Grafik)

Für den Noise Score wurde die im QCity-Projekt empfohlene Darstellung umgesetzt (Abbildung 49). Die Skalierung erfolgt linear, nach dem höchsten Wert, > 0,9 bedeutet: Werte des NS, die mindestens 90 % des maximalen Wertes sind.

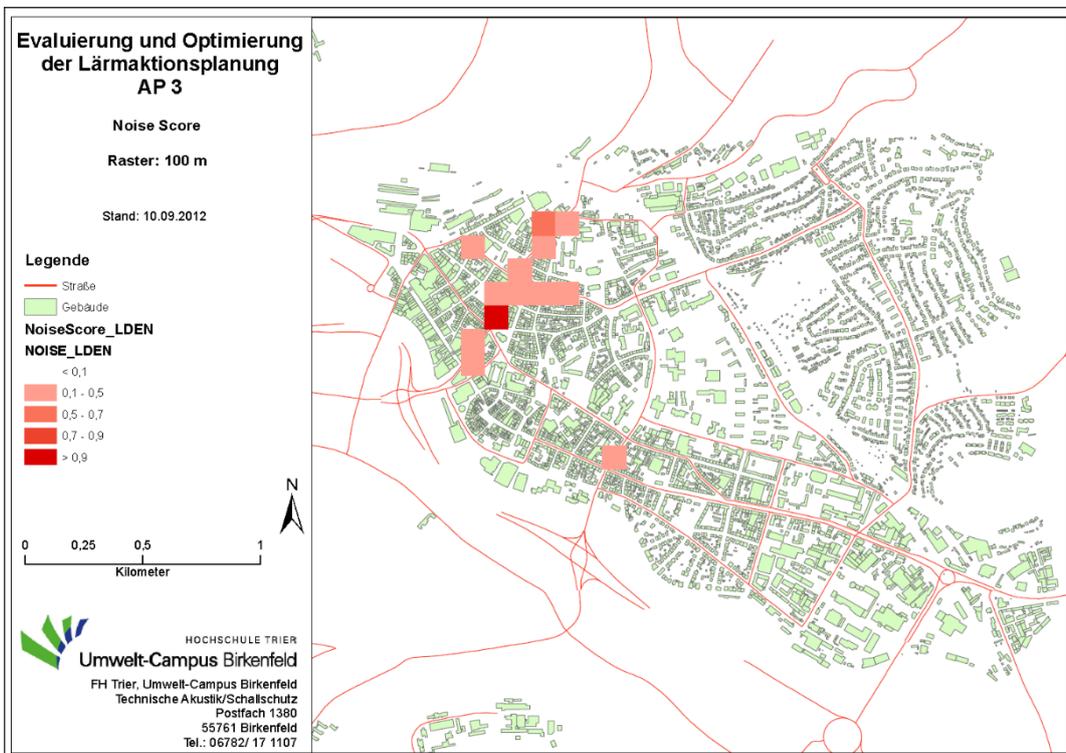


Abb. 48: NS (Anteil des maximalen Werts) (eigene Grafik)

Einen Einfluss haben auch die Wahl des Schwellenwerts (vgl. Abbildung 50) und der Rastergröße (Abbildungen 51 und 52).

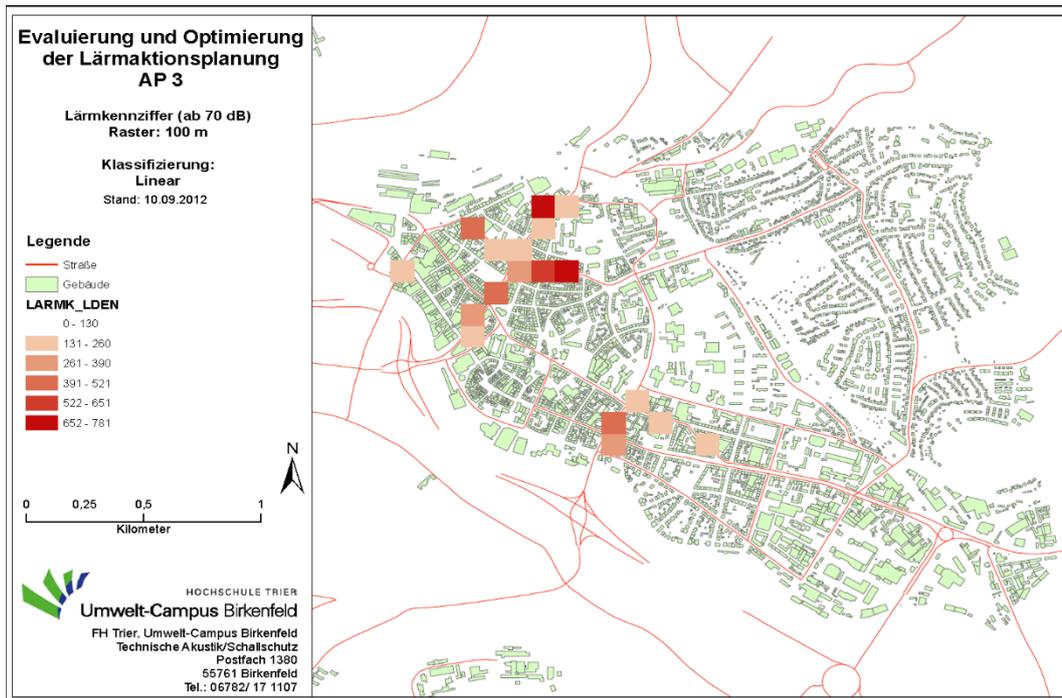


Abb. 49: LKZ (prozentual), lineare Klassifizierung, Schwellenwert 70 dB(A) (eigene Grafik)

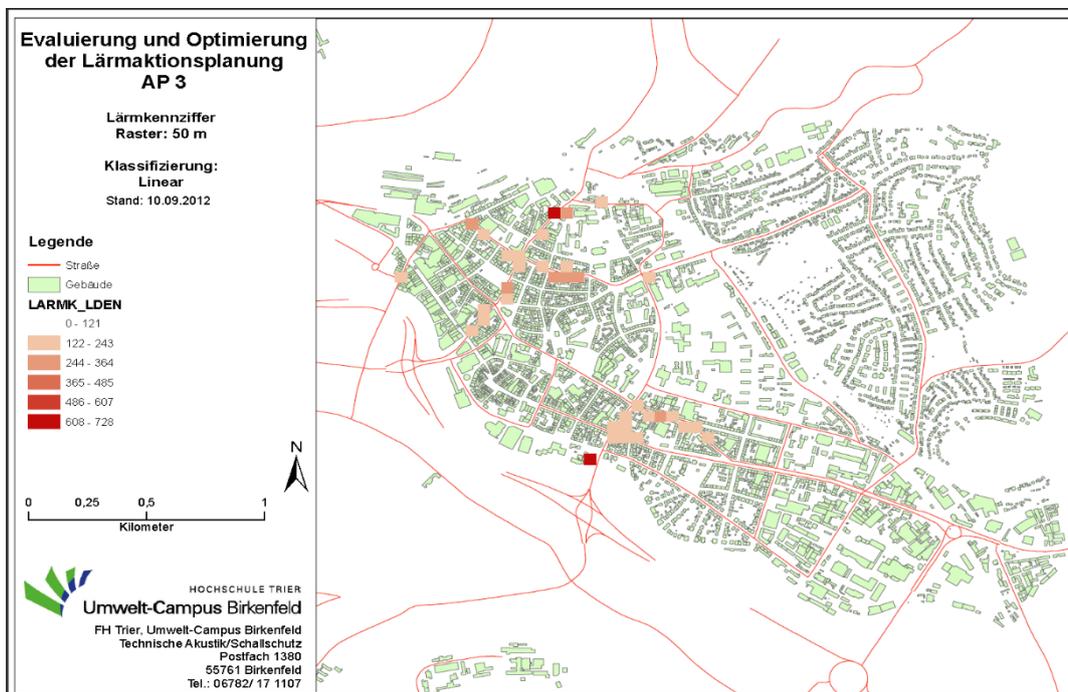


Abb. 50: LKZ (prozentual), lineare Klassifizierung, Rastergröße 50 m x 50 m (eigene Grafik)¹⁰

¹⁰ Bei linearer Klassifizierung gibt es in der Darstellung keinen Unterschied zwischen den prozentualen und absoluten Werten.

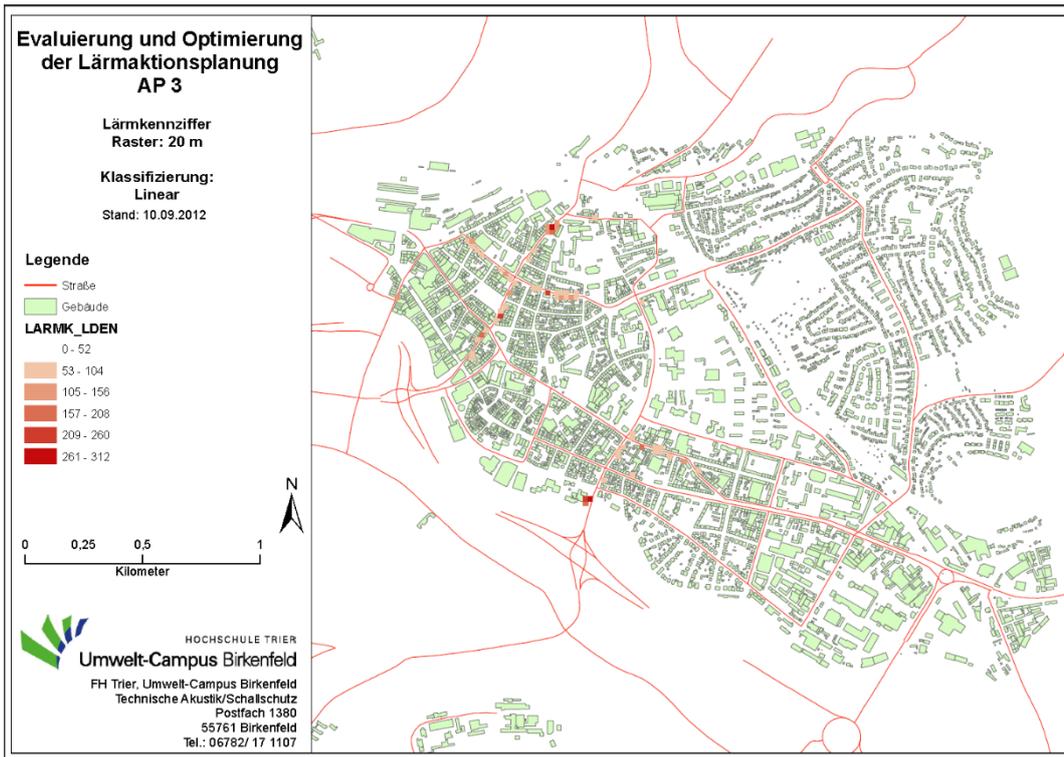


Abb. 51: LKZ (prozentual), lineare Klassifizierung, Rastergröße 20 m x 20 m (eigene Grafik)

Auch eine „keulenförmige“ Darstellung der HS-Bereiche ist möglich. Beispielhaft sei hier die Hotspot-Analyse des Programms SoundPLAN angegeben (Schwellenwert 70 dB(A), Grundlage: Rasterlärmkarte). Deutlich sichtbar wird hier, infolge der Rückreflexion an der Fassade, der Hotspot am südlichen Rand des Plangebiets.



Abb. 52: Bevölkerungsdichte über Schwellenwert 70 dB(A), Rasterlärmkarte (eigene Grafik)

Die Berechnung und Darstellung einer Hotspot-Analyse mit einem Verfahren, welches nicht in dem verwendeten schalltechnischen Berechnungsprogramm integriert ist, erfordern auf jeden Fall die Verwendung eines GIS-Systems (und die notwendigen programmtechnischen Kenntnisse).

Auch wenn die o.a. Parameter auf das Ergebnis (welche Hotspots werden erkannt) einen erheblichen Einfluss haben, sollten diese nicht fest vorgeschrieben werden. Sie sind nach den „Gegebenheiten vor Ort“ geeignet zu wählen.

5.2 Vorschlag für ein Verfahren

5.2.1 Anforderungen

Wie die grafische Darstellung der verschiedenen Hotspot-Verfahren gezeigt hat, ist das verwendete Verfahren nur ein Einflussparameter; Darstellungsart, Klassifizierung, Rastergröße und Schwellenwert sind von erheblicher Bedeutung. Deshalb sollte ein Verfahren gewählt werden, welches bestimmte Kriterien erfüllt:

- Praktikabilität
- Robustheit
- Sensibilität
- Berücksichtigung Hochbelasteter
- Minimum an Annahmen.

Praktikabilität

Das Verfahren soll, insbesondere auch für den Laien, verständlich und vermittelbar sein („einfach und nachvollziehbar“). Nicht gemeint ist hier die Praktikabilität der Umsetzung in einem Computerprogramm. Diese Forderung wird durch ein lineares Verfahren am besten erfüllt; exponentielle oder logarithmische Zusammenhänge sind dem Nichtexperten schwer vermittelbar.

Da im Rahmen der Lärmaktionsplanung auch Maßnahmen nur für einen Zeitbereich konzipiert werden können (bspw. Lkw-Fahrverbote nachts oder Schutz von Schulen tags), sollte ein Verfahren sowohl für den L_{DEN} als auch für den L_{Night} anwendbar sein. Der Noise Score und UCE_{DEN} / G_{den} (in der bisherigen Fassung) erfüllen diese Forderungen nicht.

Nach Umsetzung von Lärminderungsmaßnahmen (mittelfristig) wird auch weiterhin Handlungsbedarf bestehen. Ein Hotspot-Verfahren sollte auch in der Lage sein, „Warmspots“ zu erfassen. Für Pegelwerte unter 65 dB(A) sind der Noise Score, aber auch UCE_{DEN} / G_{den} weniger geeignet.

Im Rahmen der Umgebungslärmrichtlinie werden explizit keine Gebietsnutzungen berücksichtigt. Bei linearen Verfahren wäre dieses durch Wahl eines gebietsspezifischen Schwellenwerts leicht möglich.

Zur Berücksichtigung der Mehrquellenbelastung eignen sich alle Verfahren (Pegeladdition, wirkungsäquivalente Ersatzpegel, Zuschlag für Quellenart); allerdings sind lineare Verfahren hier besonders einfach¹¹.

Robustheit

Geringe Fehler in den „Eingangsdaten“ (Pegel, Einwohnerzahl) sollten auch nur geringe Veränderungen in den Hotspots nach sich ziehen. Das ist für alle Verfahren gut realisiert, eine Ausnahme bildet der Noise Score, bei dem bei sehr hohen Pegelwerten schon geringe Veränderungen des Pegels und / oder der Einwohnerzahl große Veränderungen des Wertes nach sich ziehen.

¹¹ Ob dieses den Wirkungsmechanismen der verschiedenen Lärmarten gerecht wird, soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden.

Sensibilität

Das Verfahren sollte in der Lage sein, punktuelle Hotspots auszugeben. Der UCE_{DEN} / G_{den} erfüllen diese Forderungen nicht; hier werden (s. Abb. 44) große Bereiche des Untersuchungsraums als Hotspots angegeben.

Berücksichtigung Hochbelasteter

Diese erfolgt besonders bei der Verwendung exponentieller Ansätze. Aber auch bei linearen Ansätzen können Hochbelastete berücksichtigt werden, indem zusätzlich Wohngebäude(Fassaden), die Pegeln über einem Schwellenwert ausgesetzt sind (bspw. $L_{DEN} > 70 \text{ dB(A)}$), (farbig) markiert werden.

Minimum an Annahmen

In alle Verfahren mit Schwellenwert geht dieser als eine Setzung ein. Der Noise Score enthält zusätzlich noch den Exponentialparameter.

Dem HA liegen Dosis-Wirkungskurven für Belästigung zugrunde. Deren Validität kann diskutiert werden (Giering, 2010). Dem Einwand, dass mit dem Konzept HA nur der Anteil der Hochbelästigten erfasst wird, könnte man begegnen, indem auch Belästigte (Annoyed, A) berücksichtigt werden. Allerdings, das gilt schon für HA, reicht die Lärmkartierung nicht an den Schwellenwert (42 dB(A) für HA) heran.

Da für viele lärmbedingte gesundheitliche Risiken noch keine validen Dosis-Wirkungszusammenhänge vorliegen und auch die Belästigung als linear abhängig vom Pegel angenommen wird, können lineare Zusammenhänge in der Hotspot-Analyse auch die Lärmwirkungen widerspiegeln¹².

Berücksichtigung weiterer akustischer Einflussfaktoren

Bei der Berechnung der Fassadenpegel gemäß der VBEB wird in Deutschland ein „Rundumpegel“ erfasst; eine Berücksichtigung des Zugangs zu einer ruhigen Fassade ist nicht erforderlich.

Unterschiedliche Schalldämmmaße der Außenbauteile (insbesondere Fenster) sollten in der Aktionsplanung berücksichtigt werden, jedoch noch nicht in einer Hotspot-Analyse, da der Einbau von Lärmschutzfenstern i.Allg. nicht in allen Stockwerken / Wohnungen eines Gebäudes erfolgt und nicht von allen Anspruchsberechtigten wahrgenommen wird.

Berücksichtigung nichtakustischer Einflussfaktoren

Über das rein mathematisch-grafische Verfahren der Hotspot-Analyse hinzugehend, können zur Bewertung der verschiedenen Hotspot-Bereiche zusätzliche nichtakustische Einflussfaktoren herangezogen werden (s.u.).

5.2.2 Vorschlag für ein Hotspotmaß (HSM)

Ziel der Lärmaktionsplanung ist die Minderung des Lärms. Dazu sind Maßnahmen zu konzipieren. Viele, insbesondere kleinere Kommunen, sind nur von wenigen kartierungspflichtigen Straßen betroffen. Ferner liegt die Baulast für diese Straßen (die Straßen sind i.Allg. die dominanten Lärmquellen) häufig nicht bei der Kommune; deshalb sind Maßnahmen oft nicht einfach umzusetzen. Ein Hotspotmaß sollte diesen Sachverhalten Rechnung tragen, indem es ohne großen Aufwand (Bearbeitung und Kosten) berechenbar und anwendbar ist.

In größeren Kommunen, bspw. Ballungsräumen, mit einem dichten kartierten Straßennetz, werden häufig viele Hotspots vorhanden sein. Diese sollten zusätzlich nach nichtakustischen Gesichtspunkten bewertet werden können, um Handlungsschwerpunkte für eine Maßnahmenplanung festsetzen zu können.

¹² Das Risiko für Bluthochdruckerkrankungen bspw. steigt linear mit dem Pegel (de Kluienaar, 2007).

Deshalb wird ein zweistufiges Verfahren vorgeschlagen: Das auf den Daten der Lärmkartierung beruhende Hotspotmaß und ein darüber hinausgehendes Indikatorensystem (dessen einzelne Indikatoren in einer Bewertungsspinne dargestellt werden können), das die Lebensqualität im Hotspot-Bereich zu erfassen sucht. Die in diese Spinne eingehenden Indikatoren sind Vorschläge, die vor Ort ergänzt oder modifiziert werden können.

Darüber hinausgehend sollten Lärmschwerpunkte, die im Rahmen einer Öffentlichkeitsbeteiligung wiederholt / mehrfach thematisiert werden, berücksichtigt werden.

Hotspotmaß-Lärmkennziffer (HSM_LKZ)

Ausgehend von der Literaturstudie und den oben aufgeführten Anforderungen an ein HSM wird ein lineares, an die Lärmkennziffer angelehntes, Maß vorgeschlagen.

$$HSM_LKZ = \sum_{i=1}^N n_i(L_i - L_S) + \sum_{k=1}^O n_k(L_k - L_S) + \sum_{l=1}^P n_l(L_l - L_S)$$

mit

- N: Gesamtzahl betroffener Einwohner
- L_i : Pegelwert nach VBEB für die Anzahl anteiliger Betroffener n_i
- O: Gesamtzahl betroffener Schüler
- L_k : Pegelwert nach VBEB für die Anzahl anteilig betroffener Schüler n_k
- P: Gesamtzahl betroffener Krankenhausbetten
- L_l : Pegelwert nach VBEB für die Anzahl anteilig betroffener Krankenhausbetten n_l
- L_S : Schwellenwert, $L_S = 65 \text{ dB(A)}$ für den L_{DEN} .

Eine zusätzliche Wichtung der Schulen und Krankenhäuser wie bei Asdrubali und Costantini (Asdrubali und Costantini, 2005) wird nicht vorgesehen. Schulen sind nur für den Lärmindikator L_{DEN} zu berücksichtigen.

Ein HSM_LKZ für den Lärmindikator L_{Night} kann analog konstruiert werden, hier ist $O = 0$ und $L_S = 55 \text{ dB(A)}$.

Bei Vorliegen von Mehrquellenbelastungen (Straßen- und Schienenverkehr) können die für eine Rasterzelle berechneten separaten HSM_LKZ aufaddiert werden.

Für die grafische Darstellung empfiehlt sich ein lineares Auftragen des HSM_LKZ (absolute oder relative Werte) und eine lineare sechsstufige Skala.

Indikatorensystem und Bewertungsspinne

Die in der Tabelle aufgeführten grün hinterlegten Indikatorenfelder gehen in die Bewertungsspinne ein: Von jedem Merkmal des Indikators im Feld wird der Wert ermittelt, alle Werte werden aufaddiert und durch die Anzahl der Merkmale je Indikatorfeld geteilt. Für einen optimalen Zustand haben alle Indikatoren den Maximalwert 100.

Für die Bewertungsspinne wurde auf (UBA, 2005) sowie (Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, 2001) zurückgegriffen.

Die Indikatoren sollen es ermöglichen, die Lebensqualität in den Hotspot-Bereichen zu bewerten.

Die Indikatoren in den einzelnen Indikatorfeldern wurden gewählt, um die nachfolgenden Aspekte zu berücksichtigen:

Gebäudebestand

- Anteil der Gebäude, die nach 1990 gebaut bzw. modernisiert wurden: Ggf. erhöhtes Schalldämmmaß der Außenbauteile
- Anteil von lärmsanierten Gebäuden: Passive Schallschutzmaßnahmen
- Anteil der Gebäude mit Balkon / Loggia: Erhöhung des Wohnwerts der Wohnung
- Anteil der Gebäude mit ruhigem Innenhof: Zugang zu ruhiger Fassade

- Anteil der Gebäude mit mehr als 4 Vollgeschossen: Überschätzung der Lärmbelastung bei Berechnungshöhe 4 m

Infrastruktur

- Nähe zu Grundschule oder Kindergarten: Einrichtung in Laufnähe vorhanden
- Nähe zur medizinischen Versorgung: Einrichtung in Laufnähe vorhanden
- Nähe von Einkaufsmöglichkeiten für Waren des täglichen Bedarfs: Einrichtung in Laufnähe vorhanden
- Kinderspielplätze: Einrichtung in Laufnähe vorhanden

Umgebung Wohnung

- Nähe zu einem „ruhigen“ Gebiet: Erholungsmöglichkeit
- Wasserfläche: Erholungsmöglichkeit, beruhigende Wirkung
- Wie schnell ist man aus der Stadt?: Zugang zu lärmarmen Umgebungen
- Lebendigkeit des „Kiezes“: Kann man sich, trotz Lärm, wohlfühlen

Umgebung Straße

- Art der Straße: Vermutung, dass Ausfallstraßen belästigender wirken können
- Motorradanteil: Hoher Anteil wirkt belästigend
- Lkw-Anteil: Hoher Anteil wirkt belästigend
- Straßenzustand: Zusätzliche, nicht rechnerisch erfasste Belastung bei schlechtem Zustand
- Luftqualität: Möglicher gesundheitsbeeinträchtigender Faktor

Mehrquellenbelastung

- Schiene: Wenn nicht über HSM_LKZ berücksichtigt, Erhöhung der Gesamtlärmbelastung
- Fluglärm: Wenn nicht über HSM_LKZ berücksichtigt, Erhöhung der Gesamtlärmbelastung
- Sonstiger Lärm: Wenn nicht über HSM_LKZ berücksichtigt, Erhöhung der Gesamtlärmbelastung
- Art des Verkehrs: Stop and Go, Ampel rechnerisch nicht erfasst, Kreuzungsbereich mehrerer Straßen

Flächennutzung im Straßenraum

- Radfahrwege: Individuelle Möglichkeit, auf MIV (und ÖPNV) zu verzichten
- ÖPNV: Individuelle Möglichkeit, auf MIV zu verzichten
- Erreichbarkeit des urbanen Zentrums: Individuelle Möglichkeit, auf MIV (und ÖPNV) zu verzichten, um ein städtisches Zentrum zu erreichen
- Vorhandensein von Bewohnerparkplätzen: Abstellmöglichkeit für eigenen Pkw

Straßenraumgestaltung

- Durchlaufende Baumreihen oder große, straßenraumwirksame Einzelbäume vorhanden: Begrünung wird i. Allg. positiv bewertet
- Straßen mit genügend „Raum zum Verweilen“: Angenehmes Flair, Lärm wird ggf. weniger belästigend wahrgenommen
- Straßen mit breiten Fußwegen ohne Parkmöglichkeit: Keine Autos (mit möglicher Lärmquelle gleichgesetzt) in Aufenthaltsbereichen
- Straßenbild: Höhere Zufriedenheit bei intakten Gebäuden

Sicherheit

- Querbarkeit der Straße: Trennwirkung des Verkehrs
- Zustand der Bürgersteige: Sicherheit beim Gehen / Aufenthalt
- Sicherheit im „Kiez“: Allgemeine Sicherheit „auf“ der Straße

Tab. 5: Indikatoren zur Bewertung der identifizierten Hotspots

	Indikator	Einheit	Zielwert
Wohnung			
Gebäudebestand			
1	Anteil der Gebäude, die nach 1990 gebaut bzw. modernisiert wurden	%	hoch
2	Anteil von lärmsanierten Gebäuden		hoch
3	Anteil der Gebäude mit Balkon /Loggia	%	hoch
4	Anteil der Gebäude mit ruhigen Innenhöfen	%	hoch
5	Anteil der Gebäude mit mehr als 4 Vollgeschossen	%	hoch
Infrastruktur			
6	Nähe zu Grundschule oder Kindergarten (von der Mitte des Hotspots in m, Maximalwert: 1500m)	100 - Entfernung/15	hoch
7	Nähe zur medizinischen Versorgung (von der Mitte des Hotspots in m, Maximalwert: 1500m)	100 - Entfernung/15	hoch
8	Nähe von Einkaufsmöglichkeiten für Waren des täglichen Bedarfs (von der Mitte des Hotspots in m, Maximalwert: 1500m)	100 - Entfernung/15	hoch
9	Kinderspielplätze (Vorhandensein, Entfernung, Qualität und Sicherheit, von der Mitte des Hotspots, Maximalwert: 1000m)	100 - Entfernung/10	hoch
Umgebung			
10	Nähe zu einem "ruhigen" Gebiet > 3ha (von der Mitte des Hotspots in m, Maximalwert: 1500m)	100 - Entfernung/15	hoch
11	Wasserflächen (Kanäle, See, Teich) vorhanden (Entfernung, Größe, Qualität)	1 bis 100	hoch
12	Wie schnell ist man aus der Stadt? (alle Verkehrsmittel, "Komfort", reine Fahrzeit, bis 30min.)	1 bis 100	hoch
13	Lebendigkeit des "Kiezes"	1 bis 100	hoch
Straße			
Umgebung			
14	Art der Straße (innerstädtischer Bereich vs. Ausfallstraße, Durchgangsstraße)	1 bis 100	hoch
15	Motorradanteil (kein bis - zumindest saisonal - sehr hoch)	100 - (1 bis 100)	hoch
16	Lkw-Anteil, insbesondere nachts (kein bis sehr hoch)	100 - (1 bis 100)	hoch
17	Straßenzustand (Schleusendeckel, Schlaglöcher, in Ordnung: 100, schlecht: 1)	1 bis 100	hoch
18	Luftqualität (Feinstaub, PM10 etc., 1: starke Belastung, 100: sehr gut)	1 bis 100	hoch
Mehrquellenbelastung			
19	Schiene tags / nachts (Stärke der Belastung für je Tag / Nacht im Vergleich zur Straße), sofern nicht bereits in HS-Analyse berücksichtigt	je 1 bis 50, 100 - (1 bis 100)	hoch
20	Fluglärm tags / nachts (Stärke der Belastung für je Tag / Nacht im Vergleich zur Straße), sofern nicht bereits in HS-Analyse berücksichtigt	je 1 bis 50, 100 - (1 bis 100)	hoch
21	Sonstiger Lärm (Gewerbe, Sport, Freizeit, Signalgeräusche, Hubschrauber) tags / nachts (Stärke der Belastung für je Tag / Nacht im Vergleich zur Straße)	je 1 bis 50, 100 - (1 bis 100)	hoch
22	Art des Verkehrs (stop and go, Ampel, zählfließend bis flüssig, flüssig mit vorgegebener Geschwindigkeit: 100)	1 bis 100	hoch
Flächennutzung im Straßenraum			
23	Radfahrwege (Vorhandensein, Qualität, Sicherheit)	1 bis 100	hoch
24	ÖPNV (Haltestellendichte, Liniendichte, Qualität, Sicherheit)	1 bis 100	hoch
25	Erreichbarkeit des urbanen Zentrums (ÖPNV, Zeit, Entfernung)	1 bis 100	hoch
26	Vorhandensein von Bewohnerparkplätzen (1: keine, 100 ausreichend in geringer Entfernung)	1 bis 100	hoch
Straßenraumgestaltung			
27	Durchlaufende Baumreihen oder große, straßenraumwirksame Einzelbäume vorhanden	1 bis 100	hoch
28	Straßen mit genügend "Raum zum Verweilen" (Bänke, Springbrunnen, kleinere Grünanlagen / Grünstreifen, Straßencafés, Schaufenster, Kunstobjekte)	1 bis 100	hoch
29	Straßen mit breiten Fußwegen ohne Parkmöglichkeit	1 bis 100	hoch
30	Straßenbild (Erhaltungszustand der Gebäude und Fassaden)	1 bis 100	hoch
Sicherheit			
31	Querbarkeit der Straße (Fußgängerüberwege, Ampel ohne längere Wartezeit)	1 bis 100	hoch
32	Zustand des Bürgersteigs (Barrierefreiheit, Erhaltungszustand)	1 bis 100	hoch
33	Sicherheit im "Kiez" (1: unsicher, 100: sehr hoch)	1 bis 100	hoch

Die oben beschriebenen Indikatorenfelder sind in der Abbildung 54 in einer Bewertungsspinne zusammengestellt. Im Idealfall liegen die Werte aller Indikatoren weit außen.

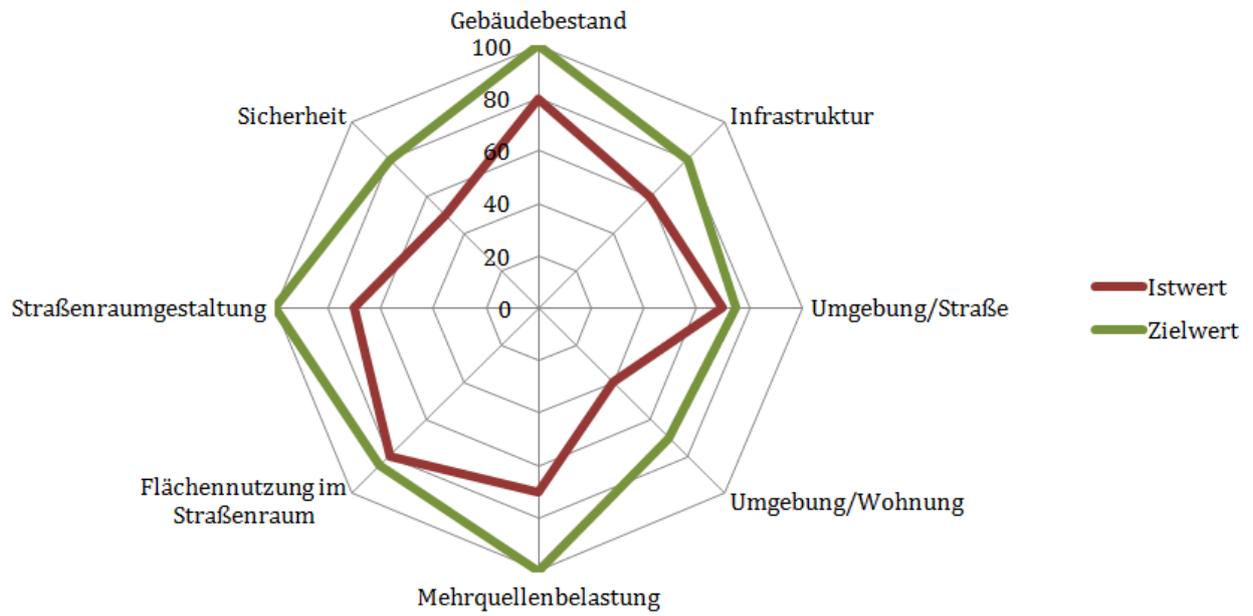


Abb. 53: Beispiel Bewertungsspinne (eigene Grafik)

6 Ausblick

Das vorgeschlagene Hotspotmaß ist für Gebiete, in denen keine stark betroffenen Schulen oder Krankenhäuser liegen, mit der üblicherweise angewandten Lärmkennziffer bei einem Schwellenwert von 65 dB(A) identisch. Hierfür liegen bereits Erfahrungen hinsichtlich der Praktikabilität für eine Hotspot-Analyse vor.

Für ein geeignetes gewähltes Testgebiet wäre zu überprüfen, wie sich das HSM_LKZ verhält, wenn hochbelastete Schulen und / oder Krankenhäuser vorhanden sind.

Das vorgeschlagene Indikatorensystem zur Erfassung der Lebensqualität in den Hotspot-Bereichen, um eine Bewertung derselben zu ermöglichen, sollte in einem Pilotprojekt einem Praxistest unterzogen werden. Das Indikatorensystem ist nicht als eine statische Matrix zu verstehen: Faktoren, die in einer Kommune besonders relevant sind, können hinzugenommen werden, nicht relevante oder nicht ermittelbare Faktoren können entfallen.

Das Indikatorensystem und die daraus abgeleitete Bewertungsspinne eignen sich auch, um IST- und PLAN-Zustände bzw. unterschiedliche Zielerreichungsgrade zu visualisieren. Damit ist es besonders für den Prozess der Mitwirkung der Öffentlichkeit in der Lärmaktionsplanung geeignet.

7 Fazit

Im Rahmen einer Literaturstudie wurden Lärmaktionspläne deutscher und europäischer Ballungsräume ausgewertet.

Zur Identifizierung von Hotspot kamen dabei im Wesentlichen die folgenden Verfahren zum Einsatz:

- Lineare (bspw. Lärmkennziffer)
- Exponentielle (Noise Score, Lärmbewertungsmaß)
- Betroffenheiten pro Straßenabschnitt / Schwellenwertsetzung
- Population Indices (bspw. ECU_{DEN})
- Berücksichtigung von Lärmwirkungen (bspw. HA)

Diese Verfahren werden auch in der Fachliteratur (Zeitschriften- und Tagungsbeiträge) aufgeführt. Hier finden sich darüber hinausgehende Vorschläge, die bspw. die besondere Bedeutung von schutzwürdigen Nutzungen betonen oder stärker versuchen, gesundheitliche Risiken des Lärms zu berücksichtigen. Häufig fehlen dabei aber Hinweise und Erfahrungen zur konkreten Umsetzung.

Um ein geeignetes Hotspot-Identifizierungsverfahren vorschlagen zu können, wurden an einem Testgebiet die Verfahren

- Lärmkennziffer(LKZ)
- Noise Score (NS)
- Lärmbewertungsmaß (P-Wert)
- Bevölkerungsindex (UCE_{den})
- Highly Annoyed (HA)

mittels Berechnungen der Fassadenpegel, Implementierung der mathematischen Zusammenhänge (SoundPLAN 7.1) und grafischer Darstellung (ArcGIS10) gegenübergestellt.

Es zeigte sich, dass neben dem Verfahren selbst insbesondere die Art der Darstellung, die Klassifizierung, die Rastergröße und der Schwellenwert (sofern im Verfahren darauf zurückgegriffen wird) einen Einfluss auf die detektierten Hotspots haben.

Anhand eines Anforderungsprofils wurden die verschiedenen Verfahren verglichen.

Es wurde ein zweistufiges Hotspot-Identifizierungsverfahren vorgeschlagen, um insbesondere den Spezifika von kleineren Kommunen auf der einen Seite und größeren Kommunen, wie Ballungsräumen, auf der anderen Seite Rechnung tragen zu können: In einem ersten Schritt wird das lineare Hotspotmaß (HSM_LKZ) berechnet und grafisch dargestellt. Daraus lassen sich die Hotspots ablesen.

In einem zweiten Schritt, zur Bewertung der Hotspots, wird ein Indikatorensystem verwendet, das versuchen soll, die Lebensqualität im Hotspot-Bereich widerzuspiegeln. Die Indikatoren können grafisch in einer Bewertungsspinne dargestellt werden. Diese Spinne eignet sich auch, um im Rahmen der Aktionsplanung IST- und PLAN-Zustände bewerten zu können.

8 Quellenverzeichnis

- Asdrubali, F., Costantini, C. (2005): Prediction and evaluation of noise pollution caused by a road network, INTERNOISE 2005. Rio de Janeiro
- Aspurua, I., Vazquez, M., Borreguero, I. G. (2004): Action Planning: Noise Information System for assessing effectiveness and sharing decision making“, INTERNOISE 2004. Prague
- Babisch, W. (2006): Transportation Noise and Cardiovascular Risk Review and Synthesis of Epidemiological Studies Dose-effect Curve and Risk Estimation, WaBoLu-Hefte 01/06, UBA. Berlin
- Barbaro, S., Caracausi, R. (2002): Setting up of priority scales for actions of noise control along the urban areas, 6-th International Symposium on Transport Noise and Vibration. St. Petersburg
- Barbaro, S. et al. (2005): Setting up of a technical economic index of priority scales for urban noise control, Twelfth International Congress. Lissabon
- Baulac, M. et al. (2010): Elaboration of a methodology for the definition of an indicator of health risk induced by noise in urban areas, INTERNOISE 2010. Lissabon
- Bayrisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2008): Hinweise zur Lärmaktionsplanung in Bayern nach EG-Umgebungslärmrichtlinie für die Regierungen. München
- Berndt, A. et al. (2009): Procedures to analyse noise maps in connection with noise action plans, INTERNOISE 2009. Ottawa
- Bloguet, S. et al. (2005): GIpSynoise: a GIS tool adapted to the European Directive on Assessment and Management of Environmental Noise 2002/49/CE - demonstrative tool, INTERNOISE 2005. Rio de Janeiro
- Böninghausen, G., Popp, C. (1988): LärmKennZiffer-Methode. Methode zur Beurteilung lärmbedingter Konfliktpotentiale in der städtebaulichen Planung, Freie und Hansestadt Hamburg. Hamburg
- Borst, J. et al. (2008): Decision support system for Action Planning in the framework of the European Noise Directive, EURONOISE 2008. Prag
- Borst, J. et al. (2009): Urban Strategy: Instrument for Interactive Spatial Planning, DAGA 2009. Amsterdam
- Botteldooren, D., Lercher, P. (2006): Putting noise annoyance in the broader context of sustainable development, INTERNOISE 2006. Honolulu
- Bundesanzeiger Nr. 75 (2007): Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB)
- Bundesministerium für Verkehr (1997): Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes – VLärmSchR 1997
- Clairbois, J.-P. et al. (2003): Prioritizing road noise protections, EURONOISE 2003. Neapel
- Clairbois, J.-P., Houtave, P. (2009): Establishing priorities for ground transport noise in END action plans, INTERNOISE 2009. Ottawa
- DEFRA (2010): Noise Action Plan London Agglomeration. London
- de Kluizenaar, Y., Gansevoort, R.T., Miedema, H.M.E.; de Jong, P.E. (2007): Hypertension and Road Traffic Noise Exposure, Occupational and Environmental Medicine 49(2007)484-492
- de Ruiter, E. P. J. (2009): A tool for environmental noise control in urban planning: The Population Annoyance Index“, DAGA 2009. Rotterdam
- DIN (1987): Beiblatt 1 zu DIN 18.005, Teil 1, Schallschutz im Städtebau, Berechnungsverfahren, Orientierungswerte für die städtebauliche Planung, Beuth Verlag Berlin
- Europäisches Parlament und Rat (2002): Richtlinie 2002/49/EG Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm
- European Commission (2002): Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Luxembourg
- European Environment Agency (2010): Good practice guide on noise exposure and potential health effects, EEA Technical report No.11/2010
- Finegold, L. S. Finegold, M. S. (2004): Development of Community Noise Action Plans, INTERNOISE 2004. Prag

- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (1997): Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS-97). Köln
- Freie Hansestadt Bremen (2009): Aktionsplan zur Lärminderung für die Stadt Bremen. Bremen
- Freie und Hansestadt Hamburg (2008): Strategischer Lärmaktionsplan Hamburg. Hamburg
- Giering, K. (2010): Lärmwirkungen. Dosis-Wirkungsrelationen, UBA-Texte 13/2010
- Gjestland, T. Tremoen, S., Kielland, J. B. (2002): SPI - An Indicator for assessing total noise impact, Forum Acusticum 2002. Sevilla
- Hill, D. (2009): The Transportation Noise Action Plan for Scotland, EURONOISE 2009. Edinburgh
- Hintzsche, M., Popp, C. (2009): Strategic action planning in Hamburg - an approach for large agglomerations, EURONOISE 2009. Edinburgh
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, (2007): Lärmaktionsplanung. Informationen für die Kommunen in Baden-Württemberg. Stuttgart
- Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt (2009): Masterplan Lärminderung. Dresden
- Landeshauptstadt Erfurt, Stadtverwaltung (2008): Lärmaktionsplan - Hauptverkehrsstraßen Stufe 1. Erfurt
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2011): Lärmaktionsplanung für die Landeshauptstadt Düsseldorf gemäß § 47d BImSchG und nach EG-Umgebungs-lärmrichtlinie 2002/49/EG. Düsseldorf und Köln
- Landeshauptstadt Hannover (2009): Lärmaktionsplan. Landeshauptstadt Hannover, Entwurf. Hannover
- Landeshauptstadt Kiel (2008): Aktionsplan gem. § 47d Bundes-Immissionsschutzgesetz der Landeshauptstadt Kiel. Kiel
- Landeshauptstadt Magdeburg, Umweltamt (2009), Lärmaktionsplan der Landeshauptstadt Magdeburg. Magdeburg
- Landeshauptstadt Mainz (2009): Lärmaktionsplan Stadt Mainz
- Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt (2012): Lärmaktionsplan für München, Entwurf. München
- Landeshauptstadt Saarbrücken (2008): Lärmaktionsplanung 2008, Erläuterungsbericht zum Aktionsplan. Saarbrücken
- Landeshauptstadt Stuttgart (2009): Lärmaktionsplan der Landeshauptstadt Stuttgart. Stuttgart
- Larsen, L. E., Bendtsen, H. (2006): Noise Abatement - Handling a common problem with limited resources, EURONOISE 2006. Tampere
- Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, Ministère du Développement durable et des Infrastructures, Administration de l'environnement (2010): Plan d'action de lutte contre le bruit des grands axes routiers de plus de six millions de passages de véhicules par an. Luxembourg
- Luzzi, S., Bellomini, R. (2009): Source receivers distance algorithms and soundscapes based methods for hotspot and quiet areas in the strategic action plan of Florence, EURONOISE 2009.
- Miedema, H. M. E., Oudshoorn, C. G. M. (2001): Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and their Confidence Intervals, Environmental Health Perspectives, 109(2001)409-416
- Miedema, H. M. E. (2004): Relationship between exposure to multiple noise sources and noise annoyance, Journal of the Acoustical Society of America 116(2), August 2004
- Miedema, H. M. E., Vos, H. (2004): Relationship between exposure to multiple noise sources and noise annoyance, Journal of the Acoustical Society of America 116(2004)949-957
- Miedema, H. M. E., Borst, C. (2007): QCity. Rating environmental noise on the basis of noise maps, Deliverable D 1.5, 2007
- Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2001): Verfahren zur Wirkungsabschätzung verkehrsbeeinflussender Maßnahmen auf die städtische Umwelt. Potsdam
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (2008): RdErl. V-5 - 8820.4.1
- Naish, D. (2010): A method of developing regional road traffic noise management strategies, Applied Acoustics 71(2010)640-652

- Palmer, D. et al. (2009): END Noise Action Plans: Prioritisation Matrix, CNMAs and GIS”, EURONOISE 2009. Edinburgh
- Petz, M. et al. (2006a): QCity. Noise maps: Initial situations. Detailed diagnostic of specific hot spots related to the particular attention areas of each site and related to people complaints, Deliverable D 1.2, 2006
- Petz, M. et al. (2006b): QCity. Noise maps: Initial situations. Detailed diagnostic of specific hot spots related to the particular attention areas of each site and related to people complaints, Deliverable D 1.5, 2006
- Probst, W. (2006): Zur Bewertung von Umgebungslärm, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 53(2006)105-114
- Regierungspräsidium Darmstadt (2010): Lärmaktionsplan Hessen. Teilplan Straßenverkehr, Regierungsbezirk Darmstadt. Darmstadt
- Roach, C., Carvalho, A. (2007): Action Plans and Municipal Noise Reduction Plans in Portugal, INTERNOISE 2007. Istanbul
- Rodrigues, R. C., Afonso, E. (2011): Criteria for the identification of priorities for noise action plans, INTERNOISE 2011. Osaka
- Rubio, J. (2009): Results of the first round of the strategic noise maps in Spain and actions derived, EURO-NOISE 2009. Edinburgh
- Salomons, E. M., Janssen, S. A. (2011): CityHush. Refined noise score rating model for resident, Deliverable 2.2.1, 2011
- Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin (2008): Lärminderungsplanung für Berlin - Aktionsplan. Berlin
- SILENCE (o.J.): Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans
- Stadt Aachen (2011): Lärmaktionsplan für die Stadt Aachen, Entwurf
- Stadt Augsburg (2009): Lärmaktionsplan 2008. Augsburg
- Stadt Bielefeld (2010): Lärmaktionsplan der Stadt Bielefeld 2010, Entwurf. Bielefeld
- Stadt Bochum (2010): EU - Umgebungslärm. Strategischer Lärmaktionsplan für den Ballungsraum Bochum. Bochum
- Stadt Bonn (2011): Lärmaktionsplan für die Bundesstadt Bonn. Bonn
- Stadt Duisburg (2010): Integrierter Lärmaktionsplan Duisburg-Nord / Oberhausen. Duisburg und Aachen
- Stadt Essen (2010): Lärmaktionsplan der Stadt Essen gemäß § 47d Bundes-Immissionsschutzgesetz. Essen
- Stadt Dortmund (2011): Entwurf des Lärmaktionsplans für die Stadt Dortmund. Dortmund
- Stadt Gelsenkirchen (2009): Strategischer Lärmaktionsplan Gelsenkirchen. Gelsenkirchen
- Stadt Karlsruhe, Stadtplanungsamt (2009): Lärmaktionsplan. 1. Maßnahmenpaket. Karlsruhe
- Stadt Köln (2011): Lärmaktionsplanung für Köln 2011. Köln
- Stadt Leipzig (2011): Lärmaktionsplan der Stadt Leipzig, Entwurf. Leipzig
- Stadt Mannheim (2008): Lärmaktionsplan 2008 für den Ballungsraum Mannheim. Mannheim
- Stadt Mönchengladbach (2012): Lärmaktionsplan Stadt Mönchengladbach. Mönchengladbach
- Stadt Schweinfurt (2010): Entwurf. Lärmaktionsplan gemäß § 47d Bundes-Immissionsschutzgesetz der Stadt Schweinfurt. Schweinfurt
- Stenman, Å., Malm, P: (2007): On the creation of noise action plans for urban areas by the use of large noise maps and hot-spot analysis, INTERNOISE 2007.
- SMILE (Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment) (o.J.): Guidelines for Road Traffic Noise
- Turner, S., Grimwood, C. (2009): The Development of Noise Action Plans in England, EURONOISE 2009. Edinburgh
- UBA (2005): Qualitätsziele und Indikatoren für eine nachhaltige Mobilität. Anwenderleitfaden
- van den Berg, M. (2006): Towards good practice for action plans, EURONOISE 2006. Tampere
- VDI (2011): VDI 3722-2. Wirkung von Verkehrsgeräuschen Teil 2: Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten, Entwurf
- Weber, M. (2011): A new area-based noise indicator G_{den} : Assessing noise annoyance in residential areas, INTERNOISE 2011. Osaka
- Weber, M., Jabben, J. (2010): An indicator for area specific noise impact: G_{den} , INTERNOISE 2010. Lissabon

Welsh Assembly Government (o.J.): The Environmental Noise (Wales) Regulations 2006, Environmental Noise Action Planning (Wales). Draft Swansea / Neath Port Talbot, Agglomeration Action Plan
Autornachname, Autorvorname (Erscheinungsjahr): Titel der zitierten oder herangezogenen Publikation. Erscheinungsort.
Williamson, S. A., Kerr, N. (2009): From noise maps to action plans and beyond - the Scottish experience, EURONOISE 2009. Edinburgh