

TEXTE

44/2010

# Lärmaktionsplanung in Ballungsräumen

Minderungspotentiale am Beispiel Hamburg



UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Förderkennzeichen 3707 51100  
UBA-FB 001349

**Lärmaktionsplanung in Ballungsräumen  
Minderungspotentiale am Beispiel Hamburg**

von

**Marion Bing  
Christian Popp**

Lärmkontor GmbH, Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**UMWELTBUNDESAMT**

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter  
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4016.html>  
verfügbar. Hier finden Sie auch eine englische Fassung.

Die in der Studie geäußerten Ansichten  
und Meinungen müssen nicht mit denen des  
Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Herausgeber: Umweltbundesamt  
Postfach 14 06  
06813 Dessau-Roßlau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103 2285  
E-Mail: [info@umweltbundesamt.de](mailto:info@umweltbundesamt.de)  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>  
<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

Redaktion: Fachgebiet I 3.4 Lärmminderung bei Anlagen  
und Produkten, Lärmwirkungen  
Matthias Hintzsche

Dessau-Roßlau, September 2010

## Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB 001349	2.	3.
4. Titel des Berichts Lärmaktionsplanung in Ballungsräumen – Minderungspotentiale am Beispiel Hamburg Projekttitle: Implementierung und Vollzugsunterstützung der Umgebungslärmrichtlinie (2002/49/EG)		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Bing, Marion Popp, Christian	8. Abschlussdatum 31.07.2009	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift)  Lärmkontor GmbH Altonaer Poststraße 13b D-22767 Hamburg	9. Veröffentlichungsdatum September 2010	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift)  Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau	10. UFOPLAN-Nr. 3707 51 100	
	11. Seitenzahl 23	
	12. Literaturangaben 7	
	13. Tabellen und Diagramme 3	
	14. Abbildungen 2	
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Entsprechend der Richtlinie 2002/49/EG waren bis zum 30.06.2007 Hauptverkehrswege, Großflughäfen sowie Ballungsräume mit mehr als 250.000 Einwohnern zu kartieren und anschließend daran ggfs. Aktionspläne aufzustellen. Zahlreiche Ballungsräume waren jedoch nicht in der Lage, die Lärmkarten termingerecht zu erstellen. Viele Ballungsräume waren somit gezwungen, den Begriff „strategisch“ auch im Zusammenhang mit der Aktionsplanung etwas weiter auszulegen.  Bei der Umgebungslärmrichtlinie erfolgt die Bestimmung der Lärmbelastung mit Hilfe von Rechenmodellen. Der Straßenverkehr wird nach der Vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen (VBUS) berechnet. Diese Vorschrift ist jedoch nicht vollständig in der Lage, die bei der Aktionsplanung ergriffenen Maßnahmen abzubilden. Zudem gibt es eine Reihe von Maßnahmen (etwa im Verkehrsmanagement), deren Wirkungen mit der VBUS gar nicht eingeschätzt werden können.  Das Ziel dieses Vorhabens ist es, für die Aktionsplanung zum Straßenverkehrslärm in großen Ballungsräumen eine vom Kosten- und Zeitaufwand her vertretbare Lösung zu finden, welche die Lärmminderungseffekte so realitätsnah wie derzeit möglich abzubilden vermag.		
17. Schlagwörter Umgebungslärmrichtlinie, Lärmaktionsplanung, Lärmminderung		
18. Preis	19.	20.

## Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB 001349	2.	3.
4. Report Title Noise action planning in agglomerations – reduction potentials as exemplified by Hamburg Project title: Implementation and assistance on execution of the environmental noise directive (2002/49/EG)		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Bing, Marion Popp, Christian		
6. Performing Organisation (Name, Address)  Lärmkontor GmbH Altonaer Poststraße 13b D-22767 Hamburg		
7. Sponsoring Agency (Name, Address)  Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau		
8. Report Date 07/30/2009		
9. Publication Date September 2010		
10. UFOPLAN-Ref. No. 3707 51 100		
11. No. of Pages 23		
12. No. of Reference 7		
13. No. of Tables, Diagrams 3		
14. No. of Figures 2		
15. Supplementary Notes		
16. Abstract According to the environmental noise directive 2002/49/EG noise maps had to be prepared for major roads, major railways, major airports and agglomerations with more than 250.000 persons until 06/30/2007. Based on these results action plans had to be developed. Numerous agglomerations hadn't been able to deliver the noise maps in time, and had to interpret the term "strategic" also in the case of action planning.  The determination of annoyed people according to the environmental noise directive is carried out by calculation. The road traffic is calculated according to the German calculation method VBUS. This calculation method is not designed to indicate the effect of all measures taken for action planning. Therefore, not all measures have an effect of the calculated noise values by VBUS. Some measures are underestimated or cannot be estimated at all by VBUS.  The purpose of this project is to identify a cost and time effective solution for agglomerations to estimate the effect of noise mitigation measures on road traffic noise as realistic as possible.		
17. Keywords environmental noise directive, noise action planning, noise reduction		
18. Price	19.	20.

## Inhaltsübersicht

1	Ansatz	3
2	Übernahme und Anpassung des Rechenmodells Hamburg	5
3	Analyse der in Hamburg relevanten Planungen und Konzepte	6
4	Maßnahmenwirkung auf den Modal Split und/oder Verkehrsparameter	9
4.1	Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)	11
4.2	Betriebliches Mobilitätsmanagement	16
4.3	Förderung des Radverkehrs	17
4.4	Räumliche Verlagerung von Verkehren	17
4.5	Verbesserung des Verkehrsflusses	20
4.6	Zusammenfassung der Wirkungsabschätzungen	22
5	Modellierung der Straßenverkehrsemisionen	23
5.1	Eingangsdaten Maßnahmenszenario	23
5.2	Modellbeschreibung	24
5.3	Vorgehensweise	33
5.4	Datenschnittstelle	37
6	Maßnahmenvalidierung und Modellvergleich	38
7	Zusammenfassung	43
8	Anlagenverzeichnis	46
9	Quellenverzeichnis	47

# Strategische Lärmaktionsplanung

## 1 Ansatz

Anhand von Hamburg als Modell-Ballungsraum wird ein gangbarer Weg für die Durchführung der Aktionsplanung zur Reduzierung des Straßenverkehrslärms in komplexen Ballungsräumen unter der knappen verfügbaren Zeit skizziert. Hierbei werden auf Grundlage des Strategischen Lärmaktionsplans Hamburg insbesondere Synergien unterschiedlicher Verkehrs- und Umweltschutzkonzepte berücksichtigt. Die dort aufgeführten Ansätze resultieren aus einer Auswertung der in Hamburg vorhandenen Planungsinstrumente mit Bezug zur Lärmminde rung. Sie lassen sich aber hinsichtlich ihrer Aussagen zur Reduzierung der Lärmbedrohung grundsätzlich auch auf andere Städte übertragen. Möglich wird dies durch das in Hamburg gewählte zweistufige Modell bei der Aufstellung des Lärmaktionsplans. Einer detaillierten Ausarbeitung konkreter Lärmminde rungsmaßnahmen auf Bezirksebene wird eine strategische Lärmaktionsplanung auf gesamtstädtischer Ebene vorangestellt. Diese birgt den Vorteil, auf übergeordneter Ebene zunächst grundlegende Ansätze zur Lärmminde rung zu formulieren und damit den Rahmen für die anschließende Lärmaktionsplanung in den Bezirken abzustecken. Dieses Prinzip unterscheidet den Lärmaktionsplan Hamburgs von anderen Lärmaktionsplänen, unterstreicht seine strategische Ausrichtung und prädestiniert ihn somit für die nachfolgenden Überlegungen.

Dieser Weg befasst sich zudem insbesondere mit geeigneten Ermittlungsmethoden und Emissionsmodellen (TraNECaM). Die Einflüsse der lärmminde rungen Maßnahmen des strategischen Lärmaktionsplans Hamburg auf den Modal Split sowie daraus ableitbare räumliche Verkehrsverlagerungen werden auf Basis von Expertenwissen eingeschätzt.

Die hieraus resultierenden Veränderungen relevanter Verkehrsparameter werden anschließend in die maßgeblichen Verkehrsemissionsparameter umgerechnet.

Der Ansatz hat somit zwei Komponenten:

### I. Geeignete Rechenmodelle

Zunächst müssen Rechenmodelle eingesetzt werden, welche die Aktionsplanungsmaßnahmen möglichst realitätsnah abbilden.

Vor diesem Hintergrund wurde in den 90er Jahren das Geräuschmodell TraNECaM entwickelt, das eine wesentlich detailliertere Berechnung als die herkömmlichen Berechnungsmodelle der RLS-90 bzw. VBUS ermöglicht und den technischen Fortschritt

bei den Kraftfahrzeugen berücksichtigt. Die Datenbasis des Modells ist hinsichtlich Straßen- und Fahrzeugkategorien erheblich breiter angelegt als die der herkömmlichen Modelle und wurde ursprünglich im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt /1/. Mit finanzieller Unterstützung der EU-Kommission sowie der norwegischen Pollution Control Authority wurde es anschließend erweitert und aktualisiert. In Norwegen wurde TraNECaM dazu verwendet, landesweit die Wirkungen von Minderungsmaßnahmen zu quantifizieren, die zum Erreichen politischer Minderungsvorgaben verwendet werden könnten.

## II. Synergien

Die Entwicklung geeigneter lärmindernder Maßnahmen und deren Umsetzung erfordert eine Koordination und Abstimmung mit allen relevanten Planungen. Viele der in Hamburg vorhandenen und vom Senat der Freien und Hansestadt Hamburg beschlossenen Planungen beinhalten Maßnahmen, die neben ihrem eigentlichen Ziel auch Auswirkungen auf die Lärmsituation haben. Es ist daher naheliegend, diese Maßnahmen ausfindig zu machen und hinsichtlich ihrer Lärmrelevanz zu bewerten. Vorhandene Planungen in die Strategien zur Lärminderung einzubinden und daraus integrierte Maßnahmenkonzepte zur Lärminderung zu entwickeln, stellt die Akzeptanz und Kompatibilität des Lärmarktionsplans in der Stadt sicher, ohne wesentliche Zusatzkosten zu verursachen. In der Regel sind diese Maßnahmen bereits vom Senat beschlossen und mit entsprechenden Finanzmitteln ausgestattet, was deren Umsetzungschancen deutlich erhöht.

Die einzelnen Arbeitsschritte werden im Folgenden beschrieben.

## 2 Übernahme und Anpassung des Rechenmodells Hamburg

Das Amt für Immissionsschutz und Betriebe (IB) der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) hat die Lärmkartierung nach EG-Umgebungslärmrichtlinie für die Freie und Hansestadt Hamburg durchgeführt. Bei der Erstellung der Lärmkarten gemäß den Anforderungen der EG-Umgebungslärmrichtlinie wurde nicht zuletzt aufgrund des enormen Zeitdrucks auf pauschale Annahmen insbesondere für die Emissionsdaten der Straßen zurückgegriffen.

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens ist die Verifizierung, Verfeinerung und Ergänzung der notwendigen Eingangsdaten hinsichtlich der Verwendung eines maßnahmensensitiven Emissionsmodells (hier: TraNECaM) notwendig.

Dies betrifft die folgenden Leistungen:

1. Erweiterung des Untersuchungsstraßennetzes
2. Ermittlung ergänzender Berechnungsparameter (bspw. Anzahl Fahrstreifen, Straßenoberflächen, Lichtsignalanlagen)
3. Übertragung der ermittelten Parameter in das schalltechnische Modell unter Berücksichtigung von Mehrfachreflexionen auf Basis von Klassen von Gebäudehöhen und Straßenraumbreiten
4. Abstimmung der Verkehrsparameter mit den zuständigen Verwaltungsdienststellen und Einarbeitung der aus den Abstimmungen notwendig gewordenen Korrekturen

Da aufgrund der andauernden Bautätigkeiten keine Verkehrsanalyse möglich ist, wird die HafenCity im Rahmen dieses Vorhabens ausgeblendet. Der Bau eines neuen innerstädtischen Quartiers solchen Ausmaßes stellt zudem einen Sonderfall dar, der so nicht auf andere Großstädte übertragbar ist.

### 3 Analyse der in Hamburg relevanten Planungen und Konzepte

Dieser Schritt basiert auf dem strategischen Lärmaktionsplan Hamburg /2/ und berücksichtigt folgende Planungsinstrumente und Konzepte mit Lärmrelevanz mit Bezug zum Straßenverkehr (► Anlage 1):

- Leitfaden zur Aktionsplanung Hamburg
- Lärmschutzkonzepte
- Klimaschutzkonzept
- Luftreinhalteplan
- Verkehrsentwicklungsplanung
- Stadtentwicklung und Stadterneuerung
- Gefahrgutnetz
- Radverkehrsstrategie

Die im Rahmen der Aktionsplanung Hamburg identifizierten Lärminderungsmaßnahmen werden in diesem Arbeitsschritt systematisch aufbereitet und hinsichtlich ihrer Lärmrelevanz zusammenfassend dargestellt:

#### I. Integriertes Handlungskonzept

Um eine wirksame Lärminderung an hochbelasteten Straßen zu erzielen, reichen in der Regel einzelne Maßnahmen nicht aus. Notwendig sind daher Konzepte, die sich aus unterschiedlichen Maßnahmenbausteinen zusammensetzen und verschiedene Potenziale nutzen. In Frage kommen planerische, verkehrliche, technische, bauliche, gestalterische und organisatorische Maßnahmen. Vorrangig anzuwenden sind hierbei vorbeugende Maßnahmen, die bereits am Entstehungsort ansetzen.

Mögliche Handlungsansätze zur Minderung des Straßenverkehrslärms wurden im strategischen Lärmaktionsplan in einem dreistufigen Prozess entworfen:

1. Erarbeitung und Darstellung der grundsätzlich in Frage kommenden Maßnahmen zur Lärminderung
2. Gegenüberstellung dieser Lärminderungsansätze mit bereits vorhandenen Planungen und Bewertung hinsichtlich Relevanz und Wirksamkeit
3. Schlussfolgerungen zur Frage, in welchen Handlungsfeldern Synergien möglich sind, wo Handlungsdefizite oder ggf. auch Zielkonflikte bestehen

## II. Bewertung

Die Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich der Lärmrelevanz erfolgt qualitativ (von „unbedeutend“ über „wichtig“ bis „sehr wichtig“).

Neben der Relevanz soll weiterhin die akustische Wirksamkeit der Maßnahmen bewertet werden. Dies geschieht mit den Attributen „zielführend“ für lärmindernde Maßnahmen über „ungewiss“ bis „einschränkend“ für Maßnahmen, die den Zielen der Lärminderung entgegenwirken.

Die einzelnen Maßnahmen werden nach diesem Schema einer Bewertung unterzogen.

## III. Kurz- bis mittelfristige Handlungsempfehlungen

Im Ergebnis der Zusammenführung von den Konzeptansätzen der Lärmarktionsplanung und den bereits beschlossenen Planungen und Konzepten wird der Handlungsbedarf aus akustischer Sicht bestimmt. Die wesentlichen Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind in einem 12-Punkte-Programm zusammengefasst.

Folgende Prüfaufträge des Handlungskonzeptes können nach Gutachterauffassung im Rahmen der von der EG-Umgebungslärmrichtlinie geforderten Überprüfung und ggf. Überarbeitung der Lärmkarten und Aktionspläne innerhalb von fünf Jahren bezüglich Straßenverkehr abgearbeitet werden:

- Erarbeitung eines gesamtstädtischen Geschwindigkeitskonzeptes
- Erarbeitung eines Konzepts zur Verstetigung des Verkehrsflusses
- Erarbeitung einer P+R-Strategie für den Ballungsraum Hamburg zur Reduzierung der Pendlerverkehre
- Entwicklung von Konzeptansätzen für ein betriebliches Mobilitätsmanagement mit Pilotprojekt
- Erarbeitung eines Konzeptes zur Reduzierung von hafeninduzierten Lkw-Verkehren in den Randbereichen und im Umfeld des Hafens
- Erarbeitung eines Lkw-Führungskonzepts
- Entwurf eines Lärmschutzprogramms für bestehende Straßen in der Baulast des Landes
- Entwicklung konzeptioneller Vorgaben für die Bauleitplanung
- Erarbeitung eines Konzeptes zur Umgestaltung von Straßenräumen unter lärmindernden Gesichtspunkten

#### IV. Synergien mit benachbarten Zielfeldern

Lärmaktionsplanung ist eine Querschnittsaufgabe mit vielfältigen Wechselwirkungen zu benachbarten Planungsdisziplinen. So haben viele lärmindernde Maßnahmen auch Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, die Qualität des Verkehrsflusses oder die Kapazität des Straßennetzes. Maßnahmen zur Verkehrssenkung oder zur Verstetigung wirken außerdem häufig direkt auf die Feinstaub- oder Stickstoffoxid-Immissionen, die durch die neuen EU-Regelungen in den kommenden Jahren noch stärker in den Fokus der Betrachtungen rücken werden. Schließlich ist der Lärm ein entscheidendes Kriterium für die Wahl des Wohnstandortes und ein wichtiger Indikator für die allgemeine Aufenthaltsqualität in der Stadt.

Hinzu kommt, dass viele Datengrundlagen, die für die Lärmkartierung und für die Aktionsplanung erforderlich sind, in anderen Bereichen ebenfalls verwendet werden. Dies betrifft beispielsweise die Verkehrsmengen und Lkw-Anteile, das digitale Geländemodell oder Gebäude- und Einwohnerdaten.

Ein gemeinsames Vorgehen ermöglicht somit verschiedene Synergien:

- Die gemeinsame Datenvorhaltung und Datenaufbereitung vermeidet unnötige Kosten
- Die frühzeitige Abstimmung hilft, Zielkonflikte frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden
- Das gemeinsame Vorgehen ermöglicht die effiziente Nutzung von Personalkapazitäten und die Allokation von finanziellen Ressourcen.

Aus den genannten Punkten wird deutlich, dass Lärmaktionsplanung nicht dauerhaft im klassischen Ressortdenken bewältigt werden kann. Für eine effiziente Nutzung der vorhandenen Ressourcen ist eine dauerhafte Verknüpfung der Lärmaktionsplanung mit den benachbarten Planungsdisziplinen notwendig. Konkrete Ansatzpunkte bieten dafür beispielsweise die beabsichtigte Aktualisierung der Verkehrsentwicklungsplanung, die Luftreinhalteplanung und die Bemühungen zum Klimaschutz.

## 4 Maßnahmenwirkung auf den Modal Split und/oder Verkehrsparameter

Die Wirkungsabschätzung basiert auf dem Handlungskonzept zum Kfz-Verkehr und dem daraus entwickelten 12-Punkte-Programm des strategischen Lärmaktionsplans Hamburg /2 für die nächsten fünf Jahre.

Um Aussagen über die Wirksamkeit lärmindernder Maßnahmen mit dem Geräuschmodell TraNECaM treffen zu können, werden die Ansätze des strategischen Lärmaktionsplans hinsichtlich der beeinflussbaren Modellparameter

- Straßenkategorie,
- Verkehrsmenge,
- Zusammensetzung des Verkehrs und
- zulässige Geschwindigkeit

überprüft. Bei den Straßenkategorien sind Autobahnen und Hauptverkehrsachsen vom verbleibenden Hauptverkehrsstraßennetz getrennt zu betrachten. Grundsätzlich können lärmindernde Wirkungen auch auf das Gesamtnetz umgelegt werden. Für Hamburg werden zudem die Hauptverkehrsachsen in radiale Straßenverbindungen und Ringe unterschieden (► Anlage 3).

Der Hafen stellt eine Besonderheit der Stadt Hamburg dar und ist nicht ohne Weiteres auf andere Großstädte zu übertragen. Die Wirkungen hier werden somit ausgebendet.

Viele der lärmindernden Maßnahmen des strategischen Lärmaktionsplans haben eine Reduzierung der Verkehrsmenge sowie eine Veränderung der Zusammensetzung des Verkehrs zum Ziel. Neben der Verlagerung von Pkw-Fahrten hin zu den Verkehrsmitteln des Umweltverbundes ist insbesondere die räumliche Verlagerung lärmintensiver Lkw-Verkehre für die Zielerreichung von Bedeutung. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Lärmerzeugungspotenziale werden deshalb Lkw-Fahrten von Pkw-Fahrten bei den Wirkungsansätzen unterschieden. Über eine Anpassung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten besteht zudem die Möglichkeit, die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeiten aus lärmtechnischer Sicht zu optimieren.

Betrachtet man die im Modell beeinflussbaren Parameter so wird deutlich, dass einige Konzeptansätze des strategischen Lärmaktionsplans für die Abbildung im Modell aufgrund starker Abhängigkeiten und vorhandener Wechselwirkungen zu Wirkungsansätzen

zen zusammengefasst werden müssen<sup>1</sup>. Die Zusammenfassung erfolgt daher hinsichtlich des beabsichtigten Ziels sowie des räumlichen Bezugs zu:

- Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)
- Betriebliches Mobilitätsmanagement
- Förderung des Radverkehrs
- Räumliche Verlagerung von Verkehren
- Verbesserung des Verkehrsflusses

Ein weiteres Zusammenfassen der Wirkungsansätze zur Förderung des ÖPNV, des Radverkehrs sowie des betrieblichen Mobilitätsmanagements zum Ansatz der „Förderung des Umweltverbundes“ erscheint zunächst nahe liegend, erweist sich aber in anbetracht der beeinflussbaren Modellparameter als nicht zielgerecht. Zwar reagieren die entsprechenden Wirkungsansätze aufgrund der bestehenden Abhängigkeiten bei Veränderungen miteinander, wirken sich aber letztlich auf unterschiedliche Modellparameter aus.<sup>2</sup>

Die im Berechnungsmodell verwendeten Verkehrsmengen beruhen weitestgehend auf Verkehrserhebungen des Amtes für Verkehr der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) der Freien und Hansestadt Hamburg bis zum Jahr 2008 und bilden die Grundlage der Analyse 2008. Auf die Erstellung und Verwendung einer Nullprognose wird verzichtet, da diese für die Abschätzung der Wirksamkeit nicht notwendig ist und unabhängig vom betrachteten Zeithorizont erfolgen kann.

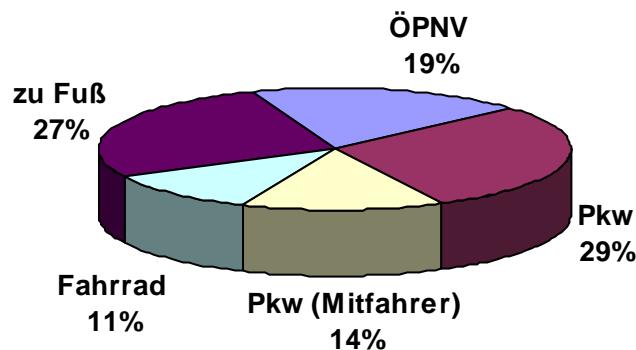
Hinzu kommt, dass sich nach Aussagen des Amtes für Verkehr der BSU der Pkw-Verkehr in Hamburg in den nächsten Jahren kaum verändern wird. Anders verhält es sich beim Schwerlastverkehr. Trotz des geplanten Ausbaus der Hafenbahn und der Binnenschifffahrt ist von einer deutlichen Zunahme des Lkw-Verkehrs auszugehen. Diese wird sich insbesondere auf die Verkehrsbelastungen der Autobahnen auswirken. Der Grund für die Zunahme liegt in der besonderen Bedeutung Hamburgs als Hafenstadt und Drehscheibe im internationalen Güterverkehr. Die Verwendung prognostizier-

<sup>1</sup> Ein wichtiges Ziel der Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs ist die Reduzierung von Pendlerverkehren. Pkw-Nutzer sollen z.B. durch attraktive Park+Ride-Angebote zum Umstieg auf Bus und Bahn motiviert werden. Die beiden im Lärmaktionsplan Hamburg unabhängig von einander aufgeführten Ansätze können aufgrund ihrer verkehrsreduzierenden Wirkung auf den Hauptverkehrsachsen zusammengefasst werden.

<sup>2</sup> Beispielsweise hat ein Ausbau des Bike+Ride Angebots eine Verlagerung von Pkw-Verkehren zu den Verkehrsmitteln des ÖPNV zum Ziel. Eine Entlastung träte im Wesentlichen auf den Hauptverkehrsachsen und im Bereich der Pendlerverkehre auf. Die mit dem Ausbau des B+R-Angebots einhergehende Förderung des Radverkehrs zielt jedoch hauptsächlich auf eine Verlagerung der Verkehrsmittelwahl vom Pkw zum Fahrrad auf Entfernungen von bis zu 5 km ab. Das Verkehrsgeschehen auf den Hauptverkehrsachsen wird somit nur geringfügig verändert.

ter Schwerverkehrsbelastungen im Modell würde folglich nur eine für Hamburg spezifische Situation abbilden und die gewünschte Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf andere Städte infrage stellen. Allenfalls andere Hafenstädte könnten von den daraus gewonnenen Erkenntnissen profitieren, was jedoch nicht Ziel dieser Untersuchung ist.

Die Angaben zum Modal Split für Hamburg gehen auf den Ergebnisbericht „Mobilität in Deutschland“ /3/ aus dem Jahr 2004 zurück. Der Zahlenspiegel 2007 /4/ des Hamburger Verkehrsverbunds (HVV) bezieht sich auf diese Angaben und passt sie an die Verkehrsmittelwahl im Jahr 2006 an (► Abbildung 1).



**Abbildung 1: Modal Split im HVV-Gebiet im Jahr 2006 /4/**

Die nachfolgenden Kapitel erläutern, inwieweit die Konzeptansätze zur Lärminderung das Verkehrsverhalten in Hamburg beeinflussen können und welche Veränderungen daraus resultieren können. An dieser Stelle sei nochmals betont, dass es sich hierbei um eine modellhafte Betrachtung auf gesamtstädtischer Ebene handelt. Die getroffenen Annahmen werden dabei den Anforderungen Hamburgs gerecht und gewährleisten aufgrund ihrer Allgemeinheit eine weitgehende Übertragbarkeit auf andere Städte. Gleichwohl ist in jedem Einzelfall zu überprüfen, inwieweit sie den Rahmenbedingungen vor Ort entsprechen.

#### **4.1 Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)**

Der Wirkungsansatz zur Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs fasst die Konzeptansätze zum Ausbau des ÖPNV, der Park+Ride- und Bike+Ride-Anlagen sowie der Parkraumbewirtschaftung zusammen. Alle vier Ansätze haben eine Verlagerung der Verkehrsmittelwahl vom Pkw zum ÖPNV zum Ziel und wirken sich im Modell hauptsächlich auf die Pkw-Verkehre auf den Hauptverkehrsachsen aus. Maßnahmen

zur Verlagerung von Pkw-Fahrten des Berufsverkehrs finden sich auch im betrieblichen Mobilitätsmanagement wieder (► Kapitel 4.2) und werden in der am Ende des Kapitels erfolgenden zusammenfassenden Wirkungsabschätzung berücksichtigt. Die nachfolgenden Abschnitte erläutern die Überlegungen, die dieser Abschätzung zugrunde liegen.

### Ausbau des ÖPNV

Das heutige HVV-Gebiet deckt die wesentlichen Verkehrsströme innerhalb der Metropolregion Hamburg ab und verfügt darüber hinaus über wichtige verkehrliche Verflechtungen in die angrenzenden Landkreise. Das vorhandene engmaschige S-, U- und Regionalbahnenetz wird durch ein Busliniennetz ergänzt und bietet erhebliche Potenziale zum Umstieg auf die Verkehrsmittel des ÖPNV.

Nach Angaben des HVV Verbundberichts 2007 /4/ hat das Fahrgastaufkommen in den letzten Jahren deutlich zugenommen, allerdings mit abnehmender Tendenz. Gegenüber dem Vorjahr stieg das Aufkommen um 2,9 % und betrug im Jahr 2007 rd. 618 Mio. Fahrgäste. Zurückzuführen ist dieser Anstieg nach Aussagen des HVV auf

- ein Bevölkerungswachstum in der Metropolregion Hamburg,
- eine Zunahme der Beschäftigtenverhältnisse,
- eine Zunahme im Schüler- und Auszubildendenverkehr sowie
- eine deutliche Zunahme des Gelegenheitsverkehrs durch besondere Events.

Für die kommenden Jahre geht der HVV insgesamt von einem Wachstum von mindestens 0,5 % bis 1,0 % aus. Dieses Wachstum berücksichtigt bereits das Fahrgastaufkommen der neuen Flughafen S-Bahn sowie der ab 2011 verkehrenden U4 in die HafenCity Hamburg.

Das Klimaschutzkonzept Hamburgs /5/ prognostiziert bei einer Fahrpreissenkung um 10 % ein Verlagerungspotenzial von rd. 1,7 % vom Pkw zu den Verkehrsmitteln des ÖPNV. Auch wenn eine Fahrpreissenkung kein direkter Bestandteil des Handlungskonzeptes des strategischen Lärmaktionsplans Hamburg ist, so zeigt sich dennoch, in welcher Größenordnung mögliche Verlagerungspotenziale für die Metropolregion Hamburg gesehen werden.

### Park+Ride (P+R)

Im Rahmen eines integrativen Gesamtverkehrssystems stellt Park+Ride (P+R) eine wichtige Schnittstelle zwischen dem Angebot des ÖPNV und dem motorisierten Individualverkehr (MIV) dar. Ziel ist es, den Autofahrer zum Umsteigen auf den ÖPNV zu animieren um so den innerstädtischen Individualverkehr zu entlasten.

Das Angebot richtet sich vornehmlich an Verkehrsteilnehmer, die kein attraktives ÖPNV-Angebot in fußläufiger Entfernung ihres Wohnortes haben. Ihnen werden kostenlose Parkplätze an einer nahe gelegenen, gut erreichbaren Bahnstation angeboten. Dies ist häufig in den Gebieten der äußeren Stadt und im Umland erforderlich, da aufgrund der dispersen Siedlungsstrukturen ein wirtschaftlich finanzierbares ÖPNV-Angebot in der Fläche als Zubringer zu den Schnellbahnstationen nicht angeboten werden kann. Hier kommt dem Pkw, aber auch dem Fahrrad als Zubringerverkehrsmittel (Bike+Ride) eine wichtige Funktion zu.

Im heutigen Verbundraum des HVV gibt es an 95 Schnellbahnhaltstellen P+R-Anlagen mit insgesamt rd. 15.000 Stellplätzen<sup>3</sup>. Davon entfallen auf das Stadtgebiet Hamburg an 41 Haltestellen rd. 9.000 P+R-Stellplätze, die zu durchschnittlich 85 % belegt sind. Als Standorte für P+R-Anlagen kommen in der Regel die Schnellbahnstationen im Hamburger Verkehrsverbund und die Bahnhöfe an den Regionalstrecken im Umland in Betracht. Nur in Ausnahmefällen wird P+R an Bushaltestellen angeboten /6/.

Die Bereitstellung weiterer P+R-Plätze führt insbesondere in innerstädtischen Bereichen zur verstärkten Nutzung des ÖPNV und stellt somit eine spezielle Angebotsplanung für den Zubringerverkehr mit dem Pkw dar, der in zunehmend komplexeren Wegeketten eingesetzt wird. Insgesamt können kurz bis langfristig etwa 4.000 weitere P+R-Stellplätze zur Verfügung gestellt werden /6/.

Eine überschlägige Abschätzung des Anteils der P+R-Nutzer am HVV Fahrgastaufkommen anhand der vorliegenden Zahlen verdeutlicht, dass sich bei einer durchschnittlichen Auslastung der 15.000 Stellplätze von 85 % und einem Pkw-Besetzungsgrad von 1,2 Personen pro Fahrzeug ein Nutzeranteil von rd. 1,0 % für das Jahr 2004<sup>4</sup> ergibt. Eine Erhöhung der Anzahl um 4.000 Stellplätze würde bezogen auf 2004, den Anteil der P+R-Nutzer am Fahrgastaufkommen um rd. 0,3 % steigern. Zu beachten ist, dass eine Erhöhung der Stellplatzanzahl bzw. die Einrichtung neuer P+R-Anlagen eine Erhöhung des Verkehrsaufkommens auf den Straßen nahe der Anlagen insbesondere zu den Hauptverkehrszeiten nach sich ziehen kann.

### Bike+Ride (B+R)

Eine Verknüpfung des Fahrrades mit öffentlichen Verkehrsmitteln ermöglicht die Nutzung des Rades für Distanzen, die deutlich über den Entfernungsbereich üblicher Alltagsfahrten hinausgehen. In Bereichen mit weniger dichter ÖPNV-Erschließung (z.B. äußere Stadt, Stadtrandbereiche, Umfeld des Ballungsraumes) kann das Fahrrad den

<sup>3</sup> Die Anzahl der Pkw-Stellplätze im Jahr 2004 entspricht zufälligerweise der Anzahl der Fahrradabstellplätze an den Hamburger Schnellbahnhaltstellen im Jahr 2006.

<sup>4</sup> Nach Auskunft des HVV betrug das Fahrgastaufkommen im Jahr 2004 537,6 Mio. Fahrgäste.

Einzugsbereich von Haltestellen vergleichsweise kostengünstig erweitern, Pkw-Fahrten reduzieren und dem ÖPNV neue Kundenpotenziale erschließen /7/.

B+R-Anlagen dienen dem Abstellen der Räder an Bahnhöfen und Haltestellen im Vor- und Nachtransport. An den Hamburger Schnellbahnhaltestellen gab es im Jahr 2006 etwa 15.000 Fahrradabstellplätze<sup>3</sup>. Regelmäßige von der BSU und den Bezirksämtern durchgeführte Bestandsaufnahmen geben Auskunft über die Auslastung sowie die Qualität der vorhandenen Anlagen /8/. Tabelle 1 zeigt die Auslastung der Anlagen über die letzten Jahre. Die Bestandsaufnahme weist nach wie vor eine hohe Zahl an „Wildparkern“ auf, was auf eine mangelnde Qualität der vorhandenen Abstellvorrichtungen und einen weiteren Bedarf an Stellplätzen schließen lässt.

**Tabelle 1: Auslastung vorhandener B+R-Anlagen an Hamburger Schnellbahnhaltestellen /8/**

Jahr	Anzahl Anlagen	Auslastung
2002	128	81 %
2003	129	68 %
2004	130	67 %
2006	130	80 %
2008	130	96 %

Eine Quantifizierung des Anteils der B+R-Nutzer am HVV-Fahrgastaufkommen liegt nicht vor und ist daher nur überschlägig möglich. Geht man von den vorliegenden Zahlen aus und nimmt an, dass die vorhandenen 15.000 Stellplätze bei einer Auslastung von 80 % im Schnitt einmal am Tag genutzt werden, so ergibt sich bezogen auf rd. 600 Mio. Verbundfahrgäste des HVV in 2006<sup>5</sup> ein B+R-Nutzeranteil von rd. 0,7 %. Das Potenzial an zusätzlichen B+R-Nutzern durch die Einrichtung neuer Stellplätze dürfte daher deutlich unter einem Prozentpunkt liegen und wird in der Summe aller Ansätze zur Förderung des ÖPNV berücksichtigt.

### Parkraumbewirtschaftung

Die Bewirtschaftung knapper Parkräume ist Teil eines umfassenden Parkraummanagements und ein wichtiges Instrument zur Steuerung der Parkraumnachfrage. Sie dient einer langfristigen Beeinflussung des Verkehrsgeschehens und damit auch der Lärmsituation. Die Art und Weise der Parkraumbereitstellung hat u.a. einen erheblichen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl, die Wahl des Ziels und damit letztlich auch auf die Qualität des Verkehrsablaufs. Eine Parkraumbewirtschaftung setzt i.d.R. dort an, wo die Bilanz zwischen Parkraumangebot und Parkraumnachfrage nicht ausgeglichen ist.

<sup>5</sup> Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung lagen für 2008 noch keine Fahrgastzahlen vor.

Dies ist insbesondere in innerstädtischen Lagen der Fall. Eine Verknappung des Parkraumangebots für den motorisierten Individualverkehr (MIV) kann bei einer Verbesserung der Bedienung und Erschließung eines Gebiets mit öffentlichen Verkehrsmitteln das Verkehrsaufkommen auf den Erschließungsstraßen reduzieren und die freiwerdenden Räume alternativen Nutzungen zugänglich machen (z.B. Fahrradabstellanlagen) /9/.

Eine allgemeine Abschätzung der Verlagerungspotenziale vom Pkw zum ÖPNV infolge einer Parkraumbewirtschaftung ist kaum möglich. Mit deutlichen Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen im Hauptverkehrsstraßennetz wäre in Hamburg beispielsweise erst bei einer deutlichen Verknappung<sup>6</sup> der rd. 30.000 Stellplätze innerhalb des ersten Rings zu rechnen. Konkrete Planungen dieser Größenordnung stehen auf gesamtstädtischer Ebene derzeit nicht zur Diskussion. Eine eindeutige Abschätzung der Wirkung ist daher nicht möglich. Die durchaus gesehenen Verlagerungspotenziale finden sich anteilig in der Summe zur Förderung des ÖPNV wieder. Realistischere Ansätze zur Reduzierung des Verkehrslärms durch eine Parkraumbewirtschaftung ergeben sich erst in der noch ausstehenden zweiten Stufe der Lärmarktionsplanung in den Bezirken.

### „Soft policies“

Ein wichtiger Bestandteil zur Förderung des ÖPNV ist die Bereitstellung von Informationen sowie geeigneter Imagekampagnen, sogenannter „soft policies“. Da ihre Wirkung im Rahmen dieses Projektes nur schwer zu quantifizieren ist, werden sie als Teil der anderen Ansätze angesehen und gehen so in die Abschätzung ein.

### ➤ Zusammenfassende Wirkungsabschätzung einer ÖPNV-Förderung

Für die Modellberechnungen wird angenommen, dass eine Förderung des ÖPNV hauptsächlich eine Reduzierung der Pkw-Pendlerverkehre auf den Hauptverkehrsachsen nach sich zieht. Diese Annahmen fassen die vom HVV prognostizierte Zunahme der ÖPNV-Nutzung mit den Potenzialen des Ausbaus der P+R- und B+R-Anlagen, der Parkraumbewirtschaftung und eines betrieblichen Mobilitätsmanagements zusammen. Eine separate Wirkungsabschätzung für die einzelnen Konzeptansätze ist nur schwer möglich, da die vom HVV gesehenen Zuwächse beim ÖPNV bereits Verlagerungspotenziale aus den anderen Konzeptansätzen berücksichtigen, diese aber nicht explizit ausweisen. Entsprechend greift die zusammenfassende Wirkungsabschätzung den prognostizierten HVV-Kundenzuwachs von 0,5 % bis 1,0 % auf und unterstellt, dass

<sup>6</sup> Eine Verknappung des Stellplatzangebots könnte kurzfristig zu einer Erhöhung der verkehrswidrig abgestellten Fahrzeuge bzw. zu einer Verlagerung der Fahrzeuge in angrenzende Stadträume führen. Eine deutliche Erhöhung der Parkgebühren würde zunächst mit einer Veränderung der Nutzergruppe hin zu vermögenden Nutzern einhergehen. Längerfristig ist in beiden Fällen mit einem Umstieg auf andere Verkehrsmittel zu rechnen. Voraussetzung für eine erfolgreiche Bewirtschaftung ist eine konsequente Überwachung des Parkraums. Im Modell wird davon ausgegangen, dass hinsichtlich der Wirkung eine Verknappung des Angebots mit einer Erhöhung der Parkgebühren gleichzusetzen ist.

sich dieser weitestgehend aus Pkw-Umsteigern generiert. Ein pauschal erteilter Aufschlag von rd. 0,5 % berücksichtigt darin vernachlässigte Potenziale und liegt in der Größenordnung der in den einzelnen Abschnitten erläuterten Verlagerungspotenziale.

Bezogen auf das im Modell betrachtete Straßennetz wird folgender, zur sicheren Seite hin abgeschätzter Ansatz gewählt:

- Hauptverkehrsachsen (Magistralen und Ringe): -1,5 %
- Verbleibendes Straßennetz: -0,5 %

## 4.2 Betriebliches Mobilitätsmanagement

Ziel eines betrieblichen Mobilitätsmanagements ist die Verlagerung von Pkw-Fahrten im Berufsverkehr auf immissionsarme Verkehrsarten des Umweltverbundes sowie eine Erhöhung des Pkw-Besetzungsgrades durch die Bildung von Fahrgemeinschaften. Aus Lärminderungssicht sind besonders solche Betriebe für ein betriebliches Mobilitätsmanagement geeignet, die in lärmsensiblen Bereichen liegen und einen hohen Anteil von Beschäftigten mit sehr frühem oder spätem Schichtwechsel haben (z.B. Industriebetriebe, Logistikbetriebe, Krankenhäuser). Die Vermeidung von nächtlichen MIV-Fahrten von oder zu diesen Standorten birgt deutliche Lärminderungswirkungen.

Die Maßnahmen zur Umsetzung eines betrieblichen Mobilitätsmanagements gehen weitestgehend mit denen zur Förderung des Umweltverbundes einher und finden sich in folgenden Ansätzen der Wirkungsabschätzung wieder:

- Finanzielle Anreize zur ÖPNV-Nutzung, z.B. Jobticket (► Kapitel 4.1)
- Schaffung attraktiver und sicherer Fahrradabstellmöglichkeiten, insbesondere am Betriebsstandort (► Kapitel 4.3)
- Imagekampagnen und Informationen der Unternehmen zum Umstieg auf die Verkehrsmittel des Umweltverbundes (► Kapitel 4.1)
- Rückbau bzw. kostenpflichtige Nutzung vorhandener Pkw-Stellplätze (► Kapitel 4.1)

Eine eigenständige Abschätzung der Wirkung eines betrieblichen Mobilitätsmanagements ist schwierig, da die Verlagerungen, wie eingangs beschrieben, einen unterschiedlichen räumlichen Bezug haben und unterschiedliche Verkehrsmittel ansprechen. Für die Wirkungsabschätzung des strategischen Lärmaktionsplans wird daher angenommen, dass die entsprechenden Maßnahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements bereits in den Ansätzen zur Förderung des ÖPNV sowie des Radverkehrs berücksichtigt sind.

#### 4.3 Förderung des Radverkehrs

Die Förderung des Radverkehrs stellt neben dem Ausbau des ÖPNV einen wichtigen Bestandteil zur Förderung des Umweltverbundes dar. Eine damit einhergehende mögliche Verlagerung von Pkw-Fahrten zum Radverkehr kann zu einer langfristigen und nachhaltigen Reduzierung der Lärmbelastungen beitragen. Nach Aussagen des Berichts „Mobilität in Deutschland“ /3/ sind 60 % aller Fahrten in Deutschland kürzer als 5 km und damit grundsätzlich mit dem Rad zu bewältigen. Folglich liegt das Verlagerungspotenzial hauptsächlich bei Pkw-Fahrten in diesem Entfernungsbereich. Die Verkehrsbelastungen auf den Hauptverkehrsachsen werden sich infolge einer Förderung des Radverkehrs nur gering verändern. Mit den deutlichsten Auswirkungen einer Verlagerung ist daher im verbleibenden Hauptverkehrsstraßennetz und im untergeordneten Netz zu rechnen. Nach Aussagen entsprechender Fachkreise sind rd. 30 % der Pkw-Fahrten unter 5 km tatsächlich durch das Rad substituierbar, so dass insgesamt von einem Verlagerungspotenzial von etwa 18 % in diesem Entfernungsbereich auszugehen werden kann.

Die Radverkehrsstrategie für Hamburg nennt das Ziel, den Anteil des Radverkehrs am Modal Split mit den dort verankerten Maßnahmen bis 2015 auf etwa 18 % zu erhöhen. Bezogen auf den in Abbildung 1 dargestellten Modal Split für Hamburg bedeutet dies eine Zunahme von rd. 7 % gegenüber 2006. Geht man nun davon aus, dass ein Großteil der grundsätzlich substituierbaren Pkw-Fahrten im nicht dargestellten untergeordneten Straßennetz stattfindet, so lassen sich für die Modellberechnungen folgende Entlastungen annehmen:

- Hauptverkehrsachsen (insgesamt): -2,0 %,  
davon Magistralen -0,5 % und Ringe -1,5 %
- Sonstige Hauptverkehrsstraßen: -5,0 %

Zu beachten ist, dass eine Förderung des Radverkehrs insbesondere im innerstädtischen Bereich auch eine Verlagerung vom ÖPNV zum Fahrrad nach sich ziehen kann, die jedoch nur schwer zu beziffern ist und daher unberücksichtigt bleibt.

#### 4.4 Räumliche Verlagerung von Verkehren

Die Konzeptansätze zur räumlichen Verlagerung von Verkehren beziehen sich weitestgehend auf den Lkw-Verkehr. Dieser erzeugt fahrzeugbezogen deutlich höhere Lärmbelastungen als der Pkw-Verkehr<sup>7</sup> und ist somit für die Wirkungsabschätzung von besonderer Relevanz.

<sup>7</sup> Die Lärmemissionen eines Lkw entsprechen in etwa den Emissionen von 10-20 Pkw.

Hamburg als Hafenstadt und internationaler Warenaumschlagplatz nimmt beim Güterverkehr eine besondere Rolle ein. Gut die Hälfte der Containertransporte des Hamburger Hafens erfolgt mit dem Lkw, Schiffe und Bahn teilen sich die andere Hälfte in etwa zu gleichen Anteilen. Dies verdeutlicht, dass eine leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur zur Abwicklung des Güterverkehrs für Hamburg unverzichtbar ist. Die nachfolgend erläuterten Konzeptansätze des strategischen Lärmaktionsplans tragen diesem Umstand Rechnung und unterscheiden für Hamburg spezifische Lärminderungspotenziale von allgemeinen Annahmen.

### Bündelung von Verkehren, verkehrslenkende Maßnahmen und Durchfahrverbote

Die Bündelung von Verkehren durch verkehrslenkende Maßnahmen und Durchfahrverbote zielt auf eine Verlagerung des Verkehrs auf vergleichsweise unsensible Hauptverkehrsachsen und Autobahnen ab. Gelingt es, durch eine konsequente Umsetzung Verlagerungen innerhalb des untergeordneten Netzes zu vermeiden, werden lärm sensible Straßen mit hohen Bewohnerdichten im untergeordneten Straßennetz deutlich entlastet.

In Hamburg gibt es bereits Erfahrungen mit Reglementierungen für den Lkw-Verkehr auf Hauptverkehrsstraßen. Beispielsweise gibt es für einen Abschnitt der Stresemannstraße, die Bundesstraße und Teil einer Magistrale ist, ein Lkw-Fahrverbot (ausgenommen Busse des ÖPNV) für die jeweils äußeren Fahrstreifen in Verbindung mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h für alle Kfz. Durchfahrverbote für Lkw auf Hauptverkehrsachsen sind jedoch die Ausnahme und widersprechen eigentlich dem Ziel der Verlagerung bzw. Bündelung von Verkehren auf unsensiblen Strecken. Ihre größte Wirkung werden sie im Bereich des untergeordneten Straßennetzes entfalten, das jedoch nicht Teil dieser Modellierung ist und erst im Rahmen der zweiten Stufe der Lärmaktionsplanung in den Bezirken relevant wird.

Für das im Modell betrachtete Straßennetz wird die Wirkung einer Bündelung von Verkehren wie folgt eingeschätzt:

- Autobahnen: +1,0 % Lkw-Verkehr
- Hauptverkehrsachsen (Magistralen, Ringe): +2,0 % Lkw-Verkehr
- Sonstige Hauptverkehrsstraßen: -3,0 % Lkw-Verkehr

### Stärkung anderer Verkehrsträger

Die Verlagerung von Lkw-Fahrten auf andere Verkehrsträger kann einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung des Verkehrsaufkommens im Straßennetz leisten. Zu bedenken ist, dass insbesondere die Verlagerung von der Straße auf die Schiene mit einer Verlagerung von Lärmquellen einhergeht. Der strategische Lärmaktionsplan Hamburg bezieht diesbezüglich Stellung und zeigt Ansätze, wie der Lärm an Bahnstrecken wirksam

reduziert werden kann. In der vorliegenden Modellbetrachtung wird der Schienenverkehrslärm jedoch nicht betrachtet.

Aufgrund des Wachstums im Güterverkehr geht Hamburg in seinem Modernisierungs- und Entwicklungsprogramm für die Hafenbahn /10/ bis 2015 von einer Verdopplung der täglichen Güterzüge aus. Aussagen zu Verlagerungspotenzialen von der Straße auf die Schiene werden nicht getroffen. Es wird jedoch erwähnt, dass in verschiedenen Abschnitten die Leistungsfähigkeit der Hafenbahn überschritten wird, was einen entsprechenden Ausbau impliziert.

Eine allgemeine Abschätzung des Verlagerungspotenzials von der Straße auf die Schiene liefert eine Studie von Transcare aus dem Jahr 2006 /11/. Sie geht bei der Umsetzung entsprechender Maßnahmen zur Strukturverbesserung bei der Bahn von einem allgemeinen Verlagerungspotenzial von 4,1 % aus.

Die Möglichkeit zur Verlagerung von Lkw-Verkehren auf Binnen- und Feederschiffe ist vielerorts nicht gegeben. Auch wenn einige Städte in Deutschland an einer Wasserstraße liegen, über einen Binnenhafen verfügen und damit grundsätzlich Verlagerungen möglich sind, so stellt Hamburg aufgrund seiner Größe, der Lage des Hafens in der Stadt und der Bedeutung im internationalen Seehandel diesbezüglich einen Sonderfall dar. Das im Hamburger Klimaschutzkonzept /12/ formulierte Ziel einer langfristigen Erhöhung des Anteils der Binnenschifffahrt am Modal Split von 1,3 % auf 5 % ist somit nicht ohne weiteres auf andere Städte übertragbar und spielt im Rahmen der Wirkungsabschätzung nur eine untergeordnete Rolle.

Die modellhafte Betrachtung orientiert sich daher weitestgehend an den gesehenen Verlagerungspotenzialen von der Straße auf die Schiene und schätzt diese vorsichtig auf rd. 2 %. Im Modell wird diese Reduzierung auf sämtliche Lkw-Verkehre auf den Autobahnen sowie den radialen Hauptverkehrsachsen angewandt.

### Güterverkehrslogistik

Die Einrichtung von Güterverkehrszentren (GVZ) zielt darauf ab, durch die Kooperation von Verkehrsunternehmen eine Bündelung von Verkehrsströmen zu erreichen. Die infolge einer solchen Bündelung zu erwartende Minderung der Lkw-Fahrten bei gleicher Verkehrsleistung lässt ein GVZ für viele Städte interessant erscheinen /13/.

Modellrechnungen für Berlin zeigen, dass eine Verlagerung von Logistikbetrieben in die peripheren Berliner GVZ-Standorte, eine Kooperation der Speditionsunternehmen vorausgesetzt, eine Reduzierung der Fahrleistungen der Speditionen im Stadt- und Regionalverkehr um rd. 13 % zur Folge hätte. Bezogen auf den regionalen Wirtschaftsverkehr bedeutet dies einen Rückgang der Fahrleistung um rd. 1,8 %. Der Gesamtverkehr würde sich um 0,6 % reduzieren /13/. Dabei ist zu beachten, dass der innerörtliche Verkehr durch die Bündelung im GVZ abnimmt, während die Verkehrsbe-

lastungen der Umlandstraßen steigen /14/. Kooperieren die Unternehmen in den GVZ nicht, so ist mit einer Zunahme der Fahrleistungen im gesamten Stadtgebiet und dem Umland zu rechnen, so dass eine verkehrsreduzierende Wirkung nur im Fernverkehr zu verzeichnen ist /13/.

Geht man für die modellhafte Betrachtung von einer Kooperation der Speditionsunternehmen in den GVZ aus, so können bezogen auf den Lkw-Verkehr folgende Annahmen getroffen werden:

- Autobahnen: +1,0 %
- Hauptverkehrsachsen und sonstige Hauptverkehrsstraßen: -1,0 %

### **Neue Straßenverbindungen**

Eine Entlastung des bestehenden Straßennetzes durch den Bau neuer Straßenverbindungen kann zu einer erheblichen Reduzierung der Lärmgefährdetheit führen, wenn Neuverlärmmungen an der neuen Trasse weitgehend vermieden werden können. Hamburg plant derzeit einige Netzergänzungen, deren Hauptziel die Entlastung des bestehenden Straßennetzes vom stetig zunehmenden Lkw-Verkehr ist.

Für den transeuropäischen Güterverkehr wird zukünftig insbesondere die A 252, die sogenannte Hafenquerspanne, von Bedeutung sein, da sie eine Querverbindung zwischen der bestehenden A 7 im Westen und der A 1 im Osten Hamburg herstellen soll. Durch sie sollen Lkw-Verkehre, die derzeit hauptsächlich die innerstädtischen Hauptverkehrsachsen nördlich der Elbe nutzen, in den Süden Hamburgs verlagert werden. Da die Trassenführung der Hafenquerspanne jedoch noch nicht endgültig feststeht, ist eine Abschätzung der aus dem Bau resultierenden Auswirkungen derzeit kaum möglich.

Eine weitere wichtige neue Straßenverbindung ist die Umgehung Finkenwerder im Südwesten Hamburgs. Sie soll den Stadtteil vom Lkw-Verkehr des dort ansässigen Airbuswerkes entlasten. Auf eine Berücksichtigung der geplanten Trasse im Netzmodell wird dennoch verzichtet, da der Bau der Umgehung lediglich eine lokal begrenzte Reduzierung der Lärmelastung zur Folge hätte. Für die Gesamtstadt bzw. das im Modell betrachtete Hauptverkehrsstraßennetz ist die Umgehung Finkenwerder nur von geringer Bedeutung. Auf eine beispielhafte Wirkungsabschätzung wird daher verzichtet.

## **4.5 Verbesserung des Verkehrsflusses**

### **Verstetigung**

Ein stetiger Verkehrsfluss trägt hörbar zu einer Reduzierung der Lärmelastung bei, weil Anzahl und Intensität der besonders störenden Brems- und Beschleunigungsvor-

gänge abnehmen. Eine zwischen den Knotenpunkten abgestimmte Koordinierung der Lichtsignalanlagen (LSA) kann erheblich zur Verstetigung des Verkehrsflusses und damit zur Reduzierung der Lärmmissionen beitragen. Zu beachten ist, dass die konsequente Schaltung „Grüner Wellen“ häufig mit einer Erhöhung der tatsächlich gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeit einhergeht. Der Lärmreduktion infolge einer Reduzierung von Brems- und Beschleunigungsvorgängen kann daher ein Anstieg der Lärmbelastung durch eine erhöhte gefahrene Geschwindigkeit gegenüberstehen. Die Einführung verkehrs- und geschwindigkeitsabhängiger LSA-Steuerungen kann diesbezüglich insbesondere in den Abend- und Nachtstunden Abhilfe schaffen. Eine Verstetigung des Verkehrsflusses ist eng mit dem Ansatz eines Geschwindigkeitskonzepts verbunden und wird hinsichtlich ihrer Wirkung im Modell zusammengefasst.

### Geschwindigkeitskonzept

Je höher die gefahrene Geschwindigkeit ist, desto lauter wird in der Regel das vom Fahrzeug verursachte Geräusch. Gleichzeitig muss das Hauptstraßennetz die Mobilitätsanforderungen der unterschiedlichen Verkehrsteilnehmer und die Belange des Wirtschaftsverkehrs und des Nahverkehrs erfüllen. Zudem besteht die Gefahr, dass bei parallel verlaufenden Straßen des untergeordneten Netzes Verkehre aus dem Hauptnetz dorthin ausweichen. Bei Geschwindigkeitskonzepten ist daher stets das Gesamtnetz zu betrachten.

### Zusammenfassender Ansatz

Potenzielle zur Verstetigung werden hauptsächlich auf den radialen Hauptverkehrsachsen im Nordwesten (B 431, B 4/5 und B 433) und Süden Hamburgs (B 73 und B 75) sowie auf den Ringen 1 und 2 gesehen (► Anlage 3). Durch eine entsprechende LSA-Koordinierung kann die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit an die zulässige Geschwindigkeit angepasst werden.

Die in Tabelle 2 aufgeführten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten stellen erste Überlegungen zur Erarbeitung eines gesamtstädtischen Geschwindigkeitskonzepts im Sinne des 12-Punkte-Programms im strategischen Lärmaktionsplan Hamburg dar. Diese sehen vor, die Höchstgeschwindigkeit für Pkw auf Autobahnen in Hamburg einheitlich auf die bereits in einigen Abschnitten maximal zulässigen 80 km/h zu reduzieren. Die Höchstgeschwindigkeit für Lkw wird entsprechend auf 60 km/h herabgesetzt. Auf den Hauptverkehrsachsen sollen Pkw und Lkw mit maximal 50 km/h fahren. Auf allen sonstigen Hauptverkehrsstraßen beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Rahmen der Modellbetrachtung für Pkw und Lkw 40 km/h.

**Tabelle 2: Zulässige Höchstgeschwindigkeiten des Geschwindigkeitskonzepts**

Straßenkategorie	Kraftfahrzeug	Zulässige Höchstgeschwindigkeit [km/h]
Autobahnen	Pkw	80
	Lkw	60
Hauptverkehrsachsen	Pkw	50
	Lkw	50
Sonstige Hauptverkehrsstraßen	Pkw	40
	Lkw	40

## 4.6 Zusammenfassung der Wirkungsabschätzungen

Die Anlage 4 stellt alle Wirkungsansätze bezogen auf die jeweilige Straßenkategorie zusammen. Diese sind in der nachstehenden Tabelle nochmals zusammengefasst:

**Tabelle 3: Abschätzung der Maßnahmenwirkungen auf den Modal-Split und die Geschwindigkeiten**

Strategie	Autobahnen	Magistralen	Ringe	Sonstige
Förderung des ÖPNV	-	DTV Pkw -1,5 %	DTV Pkw -1,5 %	DTV Pkw -0,5 %
Förderung des Radverkehrs	-	DTV Pkw -0,5 %	DTV Pkw -1,5 %	DTV Pkw -5,0 %
Räumliche Verlagerung von Verkehren	-	DTV Lkw -1,0 %	DTV Lkw +1,0 %	DTV Lkw -4,0 %
<b>Gesamt</b>	-	DTV Pkw -2,0 % DTV Lkw -1,0 %	DTV Pkw -3,0 % DTV Lkw +1,0 %	DTV Pkw -5,5 % DTV Lkw -4,0 %
Verbesserung des Verkehrsflusses	Pkw: 80 km/h Lkw: 60 km/h	50 km/h	50 km/h	40 km/h

Diese Zusammenstellung macht deutlich, dass die höchsten Potenziale in der konsequenten Umsetzung eines Geschwindigkeitskonzeptes gesehen werden und hier somit eine optimistische Position gegenüber den eher konservativ bewerteten verkehrsvermeidenden und -verlagernden Strategien vertreten wird.

## 5 Modellierung der Straßenverkehrsemissionen

### 5.1 Eingangsdaten Maßnahmenszenario

Die Validierung des Maßnahmenszenarios erfolgt auf Grundlage der in Anlage 4 bzw. Tabelle 3 zusammengestellten Einschätzungen der Maßnahmenwirkung auf den Modal Split und die Verkehrsparameter für Hamburg.

Die Berücksichtigung der Lärminderung durch die Sanierung von Straßenoberflächen im gesamtstädtischen Zusammenhang ist aufgrund des Fehlens eines Sanierungskonzeptes für Hamburg seitens der zuständigen Behörden gesamtstädtisch nicht möglich. Vielmehr soll eine exemplarische Abbildung der Lärminderungswirkung durch Sanierung von Straßenoberflächen in einem Beispielgebiet erfolgen. Hierbei wird ein Gebiet ausgewählt, das auf der einen Seite handhabbar ist und auf der anderen Seite eine ausreichende Größe mit Einfluss durch Magistralen und Ringe aufweist (► Abbildung 2):

Übersichtsplan

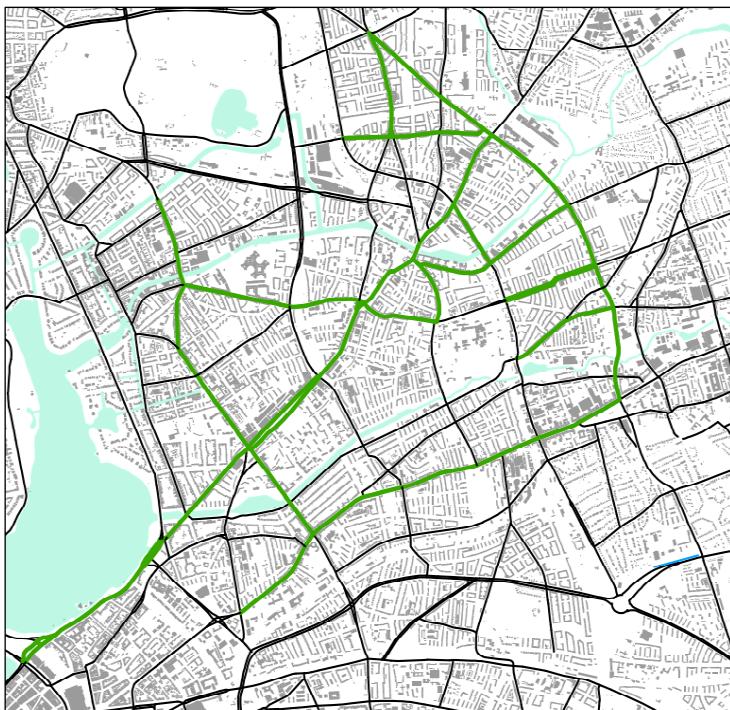


Lageplan



Abbildung 2: Beispielgebiet

Bei einem Prognosehorizont von 5 Jahren wird unter Voraussetzung einer grundsätzlichen mittleren Lebensdauer von 15 Jahren für Asphaltbetone von einem Austausch von etwa einem Drittel der Straßenoberflächen ausgegangen (► Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Straßenabschnitte mit angenommener Sanierung durch lärmarme Straßenoberflächen (grün gekennzeichnet)

## 5.2 Modellbeschreibung

Grenzwertsetzungen und andere gesetzliche Rahmenbedingungen erfordern eine Bestimmung der Belastung durch Lärm und Luftschadstoffe zumindest für Ballungsgebiete. Dies erfolgt im Allgemeinen durch Rechenmodelle. Im Falle der Lärmbelastung durch den Straßenverkehr sind dies die Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90) bzw. Vorläufigen Berechnungsmethoden für die Ermittlung von Umgebungs-lärm durch Straßenlärm (VBU). Die RLS-90 wurden zur Abgrenzung von Rechtsansprüchen auf Lärmschutz beim Straßenneubau oder bei wesentlichen baulichen Veränderungen bestehender Straßen entwickelt. Der Ausbreitungsteil ist hinsichtlich seiner Detailliertheit und Genauigkeit in der Vergangenheit mehrfach verbessert worden. Für den Emissionsberechnungsteil trifft dies nicht zu. Die Emissionsberechnungsformeln der RLS-90 basieren immer noch auf Geräuschmessungen aus den frühen 80er Jahren und sind seither nicht an den Stand der Technik angepasst worden.

Für die Abgrenzung von Rechtsansprüchen im Zusammenhang mit der Überschreitung von Grenzwerten ist dies weniger problematisch, weil die Emissionsberechnung in der Regel so ausgelegt ist, dass sie den „worst case“ beschreibt, also eine Sicherheitsmarge hinsichtlich ihrer Genauigkeit im Sinne der Lärm betroffenen vorhält. Diese Vorgehensweise ist jedoch für die Bestimmung von Maßnahmenwirkungen im Rahmen

von Aktionsplänen von Nachteil, weil die Wirkung durch „worst case“ Betrachtungen nicht den tatsächlichen Umständen entsprechend abgebildet wird. Auf der anderen Seite gibt es eine Reihe von Maßnahmen, deren Wirkungen mit den gesetzlichen Rechenmodellen gar nicht abgeschätzt werden können. Hierzu gehören zum Beispiel die auf einen verbesserten Verkehrsfluss abzielenden Maßnahmen.

Daher wird in diesem Vorhaben für die Berechnung der Emissionen das Emissionsmodell TraNECaM /1/ verwendet, das wesentlich detaillierter und maßnahmensempfindlicher rechnet als die RLS-90 oder VBUS.

Die im Modell verwendeten Emissionsfaktoren basieren auf für die jeweilige Straßenkategorie und Fahrzeugklasse repräsentativen Fahrverläufen mit sekündlicher Auflösung, die aus umfangreichen Messungen des Fahrverhaltens im realen Straßenverkehr zur Entwicklung des Handbuchs für Emissionsfaktoren /15/ und zur Verbesserung der Messverfahren und Prüfzyklen für die Bestimmung der Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen im Rahmen der Typprüfung gewonnen wurden. Weitere Randbedingungen oder Einflussparameter, wie beispielsweise der Fahrbahndeckschichteinfluss, wurden aus Geräuschmessungen an statistischen Fahrzeugstichproben im realen Straßenverkehr im Auftrag des Umweltbundesamtes und der Bundesanstalt für Straßenwesen abgeleitet. Das Modell wurde im Rahmen zweier EU-Projekte validiert (/16/ und /17/).

Die Fahrzeugkategorien sind Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (bis 3500 kg zulässige Gesamtmasse) sowie schwere Nutzfahrzeuge (bei Pkw nach Hubraum und Antriebsart (Otto/Diesel), bei leichten Nutzfahrzeugen nach Antriebsart, bei schweren Nutzfahrzeugen nach Gesamtmasse) und zusätzlich in die je nach Fahrzeugalter unterschiedlichen Geräuschgrenzwertstufen bei der Typprüfung aufgesplittet. Dadurch können die Emissionen im praktischen Betrieb besonders realitätsnah modelliert werden. Die Basisstufe dieser Aufsplittung wird als „Fahrzeugschicht“ bezeichnet. Als Konsequenz aus diesem Vorgehen ergeben sich je nach Bezugsjahr unterschiedliche Flottenzusammensetzungen und Emissionen. Gleichzeitig ist die Möglichkeit gegeben, zukünftige Fahrzeuge mit geringeren Emissionen in Szenarienrechnungen zu berücksichtigen.

Um die Emissionen noch quellspezifischer bestimmen zu können, werden Reifen-Fahrbahngeräusch und Antriebsgeräusch separat berechnet und zum Gesamtgeräusch aufaddiert, so dass eine genauere Bestimmung der Wirkung von quellenbezogenen Maßnahmen (Fahrbahnbelag, Reifen, Motor und Antriebsstrang) ermöglicht wird.

Das Antriebsgeräusch einer Fahrzeugschicht wird als Funktion der Motordrehzahl und der Motorbelastung modelliert (► Abbildung 4), das Rollgeräusch als Funktion von Reifen, Fahrbahnbelag und Geschwindigkeit (► Abbildung 5). Der Reifeneinfluss ist ein Parameter, welcher der Fahrzeugschicht zugeordnet ist.

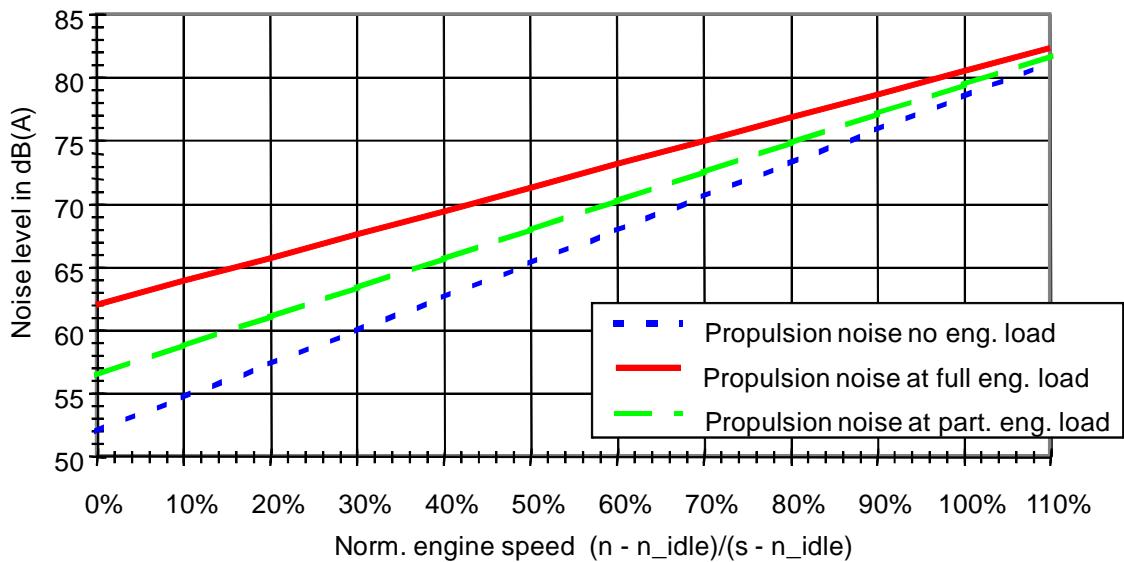


Abbildung 4: Abhängigkeit des Antriebsgeräuschpegels von normierter Motordrehzahl und Motorbelastung

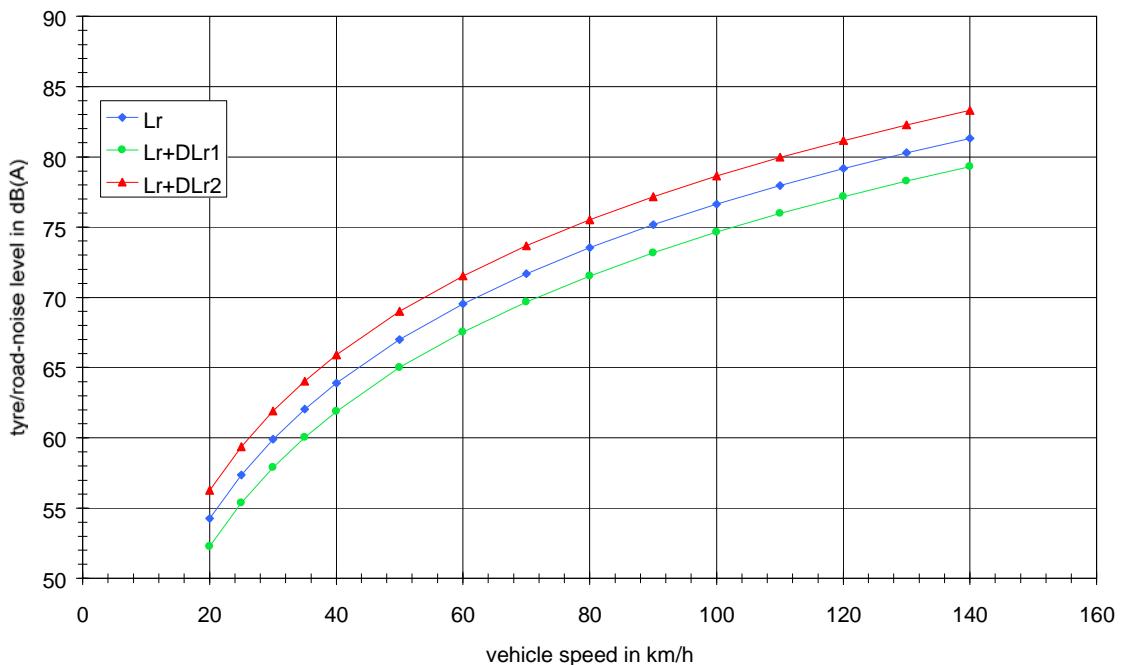
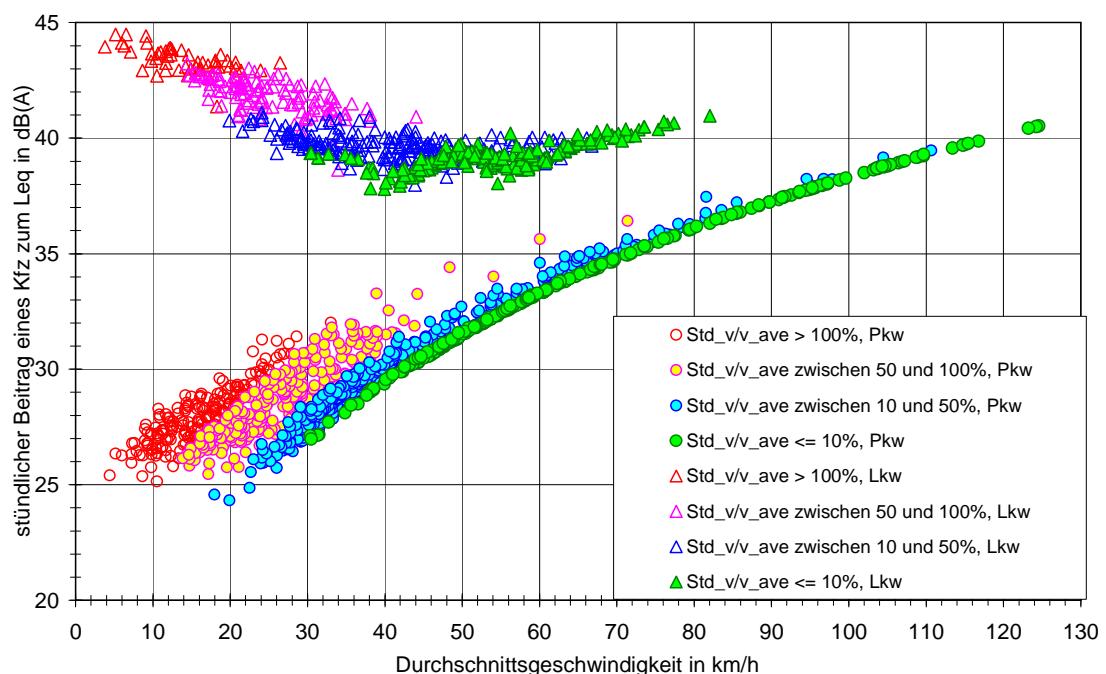


Abbildung 5: Abhängigkeit des Rollgeräuschpegels von der Geschwindigkeit. Der Einfluss unterschiedliche Fahrbahndeckschichten wird durch deckschichtspezifische Zu- und Abschläge berücksichtigt, die für Pkw und Lkw unterschiedlich sind.

Die Basis der Berechnungen sind maximale Vorbeifahrtpegel in 1,2 m Höhe und 7,5 m Abstand vom Fahrzeug, die dann in stündliche Beiträge eines Kfz zum Mittelungspegel in 25 m Abstand und 4 m Höhe umgerechnet werden.

Wendet man diesen Modellansatz auf verschiedene Fahrzyklen an, die im realen Straßenverkehr gemessen wurden, so zeigt sich, dass der spezifische Beitrag eines Kfz zum Mittelungspegel bei Pkw nicht nur mit der Durchschnittsgeschwindigkeit ansteigt sondern auch mit der relativen Standardabweichung des Geschwindigkeitsverlaufs, also mit zunehmender Dynamik des Zyklus.

Bei einem Lkw ergibt sich ein völlig anders Bild. Oberhalb einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 40 km/h zeigt sich qualitativ ein ähnlicher Zusammenhang wie bei den Pkw, aber unterhalb von 40 km/h steigen die spezifischen Emissionen auch bei gleichförmigem Geschwindigkeitsverlauf mit abnehmender Durchschnittsgeschwindigkeit an (► Abbildung 6).

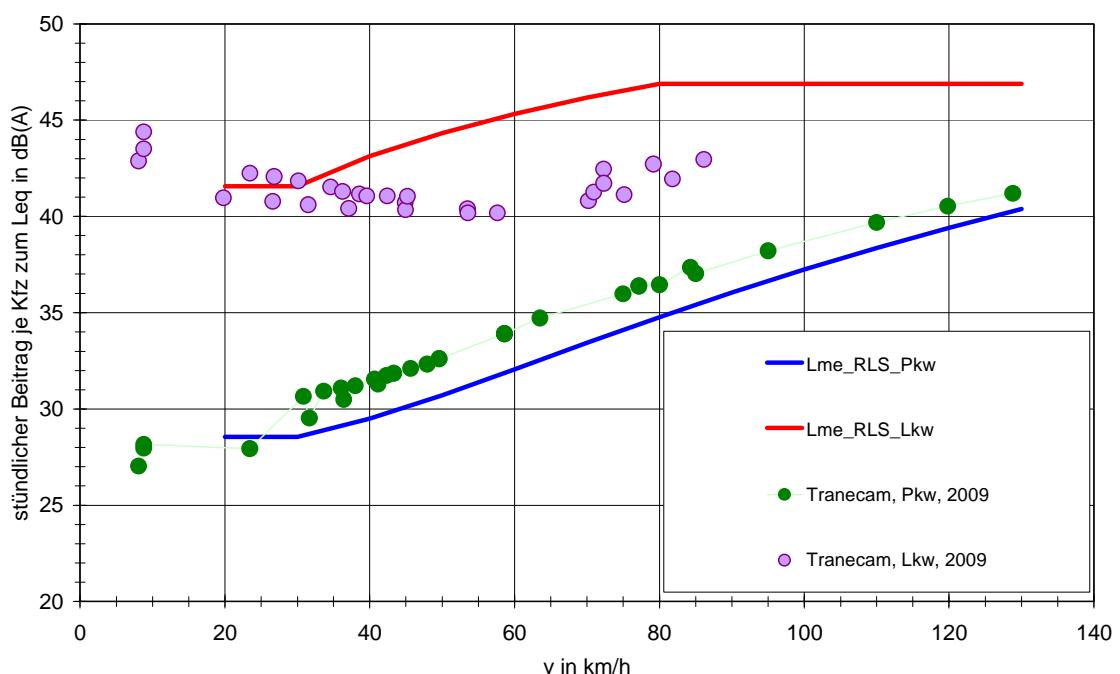


**Abbildung 6:** Abhängigkeit der spezifischen Emissionen eines Pkw und eines Lkw mit zul. Gesamtmasse unter 7500 kg von Durchschnittsgeschwindigkeit und relativer Standardabweichung (Standardabweichung/Mittelwert) des Geschwindigkeitsverlaufs. Jeder Punkt stellt einen Fahrzyklus dar, der im realen Straßenverkehr gemessen wurde. Die Fahrbahndeckschicht ist SMA 0/11.

Das Berechnungsverfahren RLS-90 / VBUS unterscheidet hinsichtlich der Fahrzeugkategorien nach Pkw und Lkw. Deren spezifische Emissionen ( $L_{Pkw}$ ,  $L_{Lkw}$ ) sind auch von der Geschwindigkeit abhängig, allerdings von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit einer Straße. Die entsprechenden Funktionen sind in (► Abbildung 7) dargestellt.

TraNECaM enthält eine umfangreiche Klassifizierung von Straßenkategorien und Verkehrszuständen von der Wohnstraße mit Tempo 30 bis zur Autobahn ohne Tempolimit

und von frei fließendem Verkehr bis zu Stop + Go. Zum Vergleich sind in Abbildung 7 auch die zugehörigen spezifischen Emissionen des TraNECaM-Modells mit eingezeichnet, allerdings stellt die Geschwindigkeit hier die Durchschnittsgeschwindigkeit der zugrundeliegenden Zyklen dar. Bei den Pkw ergibt sich ein ähnlicher Verlauf über der Geschwindigkeit, wobei die TraNECaM-Werte 1 bis 2 dB über den RLS-90-Werten liegen, weil die Pkw-Reifen inzwischen im Durchschnitt lauter geworden sind. Dies kommt daher, dass die mittlere Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeugflotte angestiegen ist und daher die Reifen in Dimension und Geschwindigkeitsindex angepasst worden sind. Bei den Lkw ergibt sich nur bei Tempo 30 eine Übereinstimmung, bei höheren Geschwindigkeiten sind die TraNECaM-Werte um bis zu 5 dB geringer. Dies trägt dem Sachverhalt Rechnung, dass die Geräuschemissionen der Lkw in den zurückliegenden 3 Jahrzehnten tatsächlich geringer geworden sind.



**Abbildung 7:** Vergleich der spezifischen Emissionen von RLS-90 / VBUS und TraNECaM für Gussasphalt

Dies lässt sich besonders gut demonstrieren, wenn man die spezifischen Emissionen des TraNECaM-Modells von heute mit denen von 1980 vergleicht (► Abbildung 8).

Der Einfluss unterschiedlicher Fahrbahndeckschichten auf die Geräuschemission wird in RLS-90 / VBUS durch Korrekturwerte am Gesamtgeräusch berücksichtigt (vgl. auch VBUS, Tabelle 3). Diese sind abhängig von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit aber unabhängig vom Lkw-Anteil. Der Einsatz von lärmindernden Deckschichten ist auf Straßen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten über 60 km/h begrenzt.

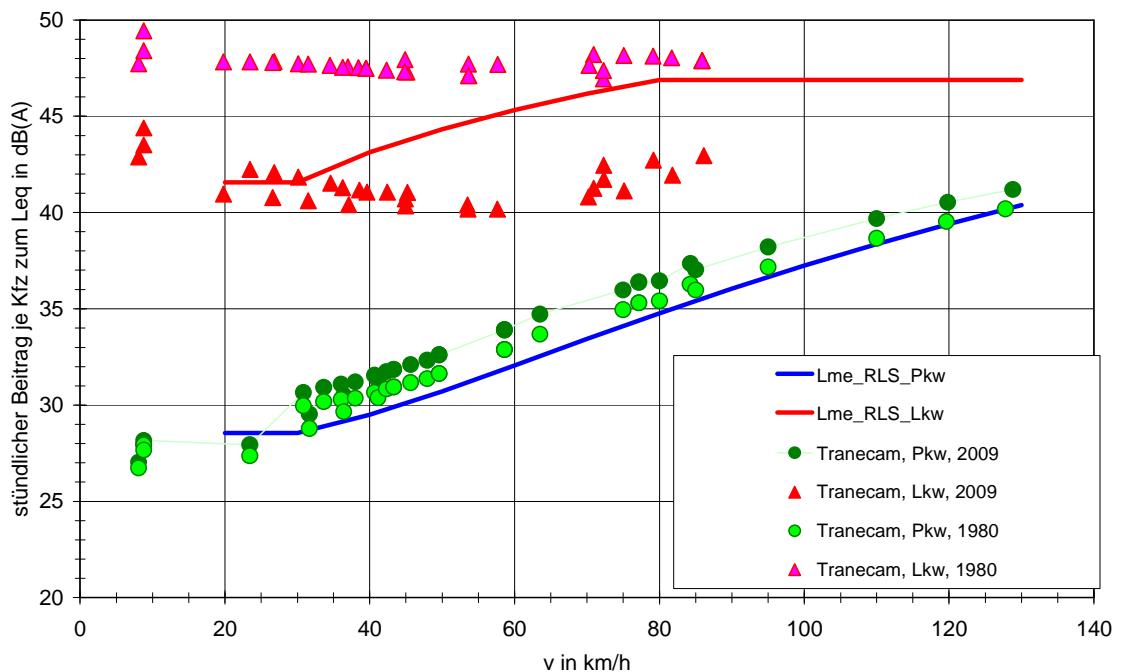


Abbildung 8: Vergleich der spezifischen Emissionen von RLS-90 / VBUS und TraNECaM für Gussasphalt und für TraNECaM für unterschiedliche Bezugsjahre und Fahrbahndeckschicht Gussasphalt

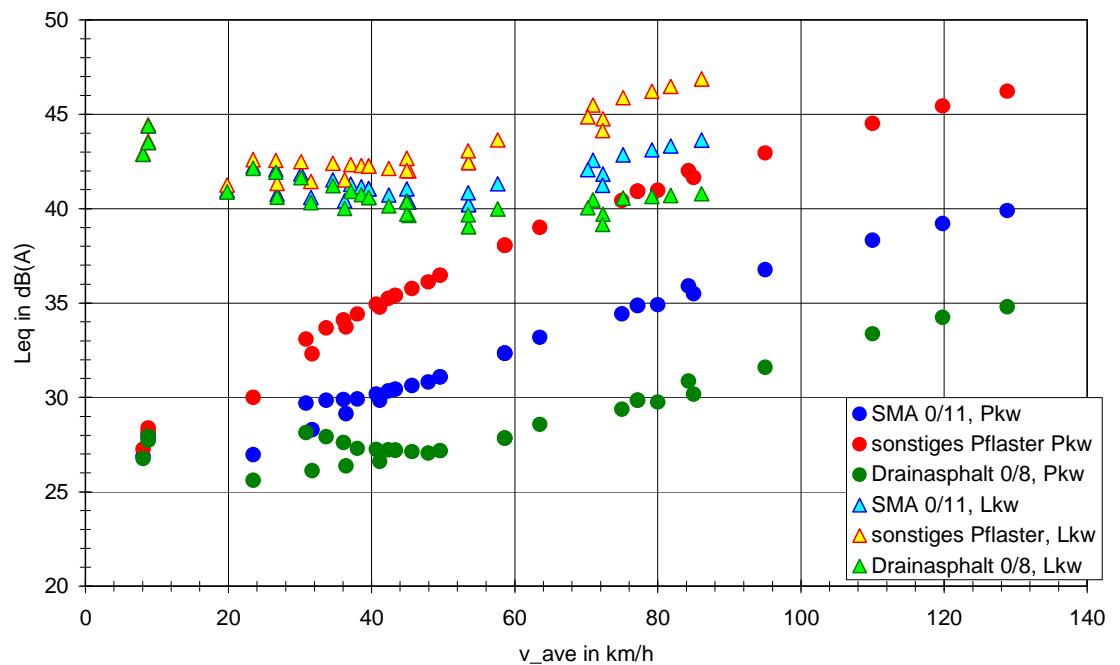


Abbildung 9: Einfluss der Fahrbahndeckschicht auf die spezifische Geräuschemission in TraNECaM

In TraNECaM wird der Einfluss der Fahrbahndeckschicht durch Zu- bzw. Abschläge beim Rollgeräusch berücksichtigt, die für Lkw und Pkw unterschiedlich sind. Dadurch wird die je nach Geschwindigkeit unterschiedliche Auswirkung auf das Gesamtgeräusch unmittelbar und kontinuierlich berücksichtigt (► Abbildung 9). Sprünge an Klassengrenzen werden somit vermieden.

In TraNECaM wird der DTV mit Hilfe von spezifischen Tagesganglinien auf stündliche Werte aufgeteilt. Die Tagesganglinien sind für Pkw und Lkw unterschiedlich. Je nach stündlicher Verkehrsbelastung werden dann auf einer gegebenen Straße unterschiedliche Verkehrssituationen und damit auch spezifische Emissionen zugeordnet.

Abbildung 10 zeigt dies am Beispiel einer sonstigen Hauptverkehrsstraße aus dem Hamburger Straßennetz.

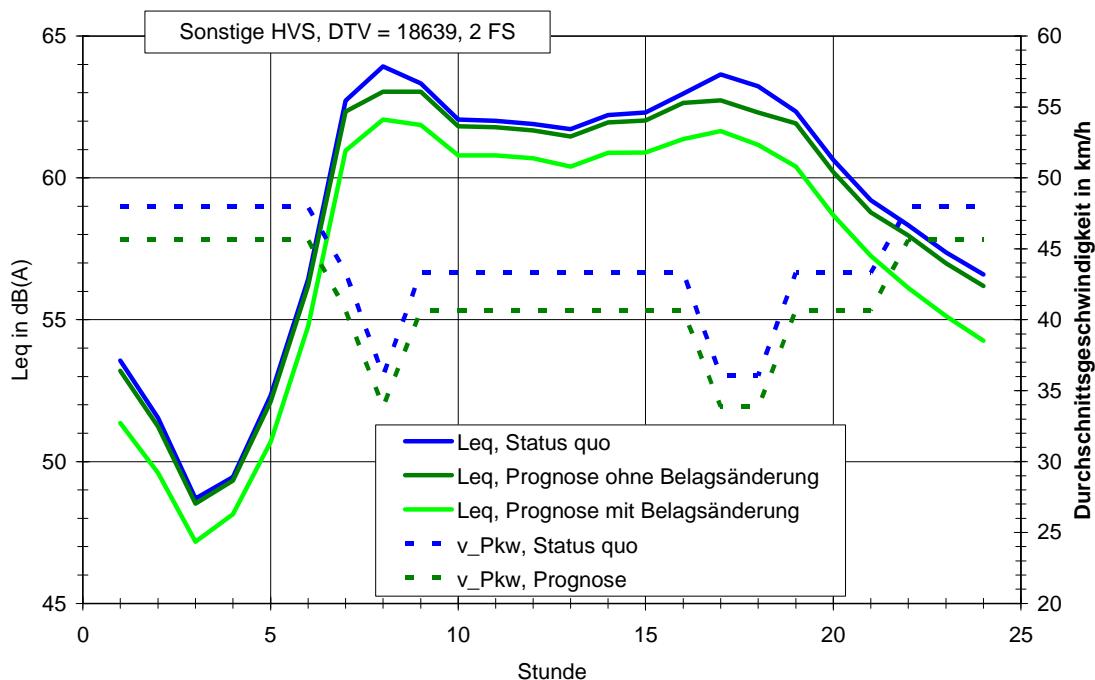


Abbildung 10: Tagesganglinien des Mittelungspegels am Beispiel einer sonstigen Hauptverkehrsstraße mit 2 Fahrstreifen

Das Modell kann somit auch berücksichtigen, dass Geschwindigkeitsminderungen umso besser wirken, je geringer die Verkehrsbelastung ist. Abbildung 11 zeigt das Beispiel einer Autobahn mit relativ geringer Verkehrsbelastung, sodass die mittlere Geschwindigkeit unabhängig von der Tageszeit ist. Der Status Quo hat eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h, die für die Prognose auf 80 km/h für Pkw und 60 km/h für Lkw gesenkt wurde. Das Modell berücksichtigt für den Status Quo eine Pkw-Durchschnittsgeschwindigkeit von 120 km/h und für die Prognose bei fehlender Geschwindigkeitsüberwachung eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 95 km/h. Die Minderungswirkung ist nahezu unabhängig von der Tageszeit.

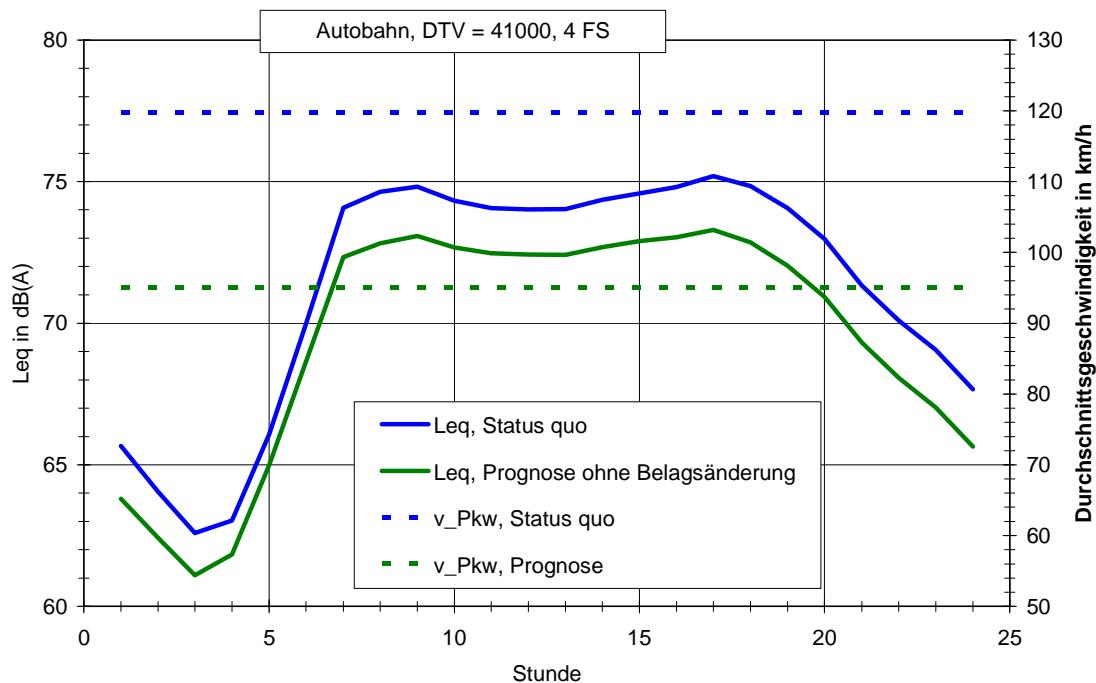


Abbildung 11: Tagesganglinien des Mittelungspegels am Beispiel einer Autobahn mit 6 Fahrstreifen und einem DTV von 41000 Kfz

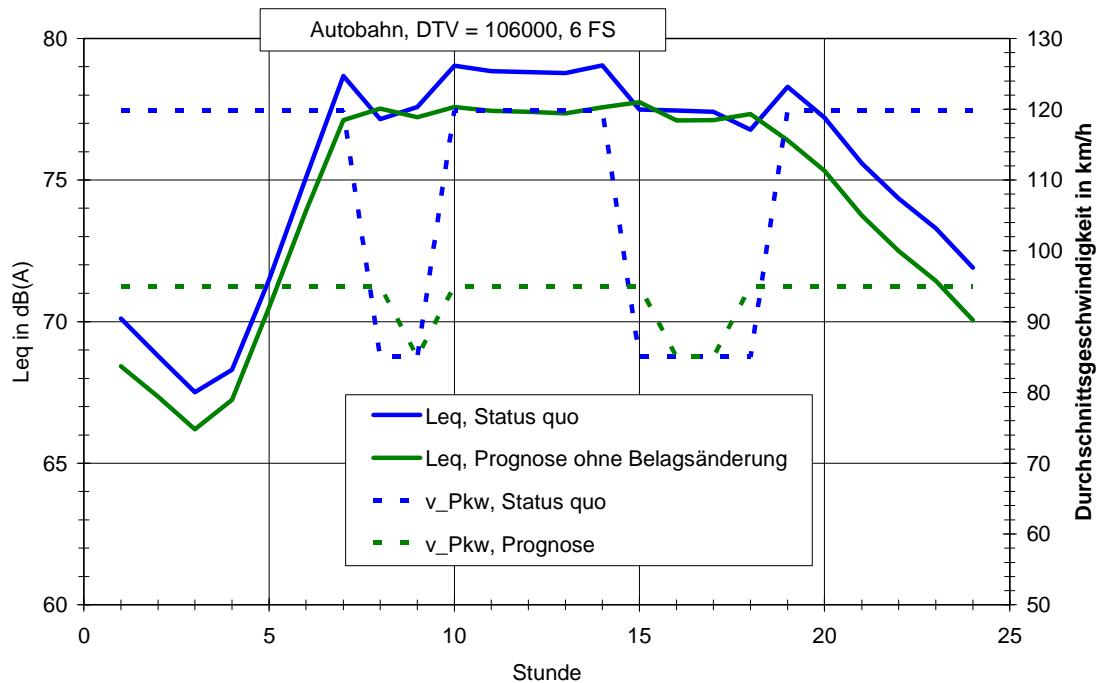
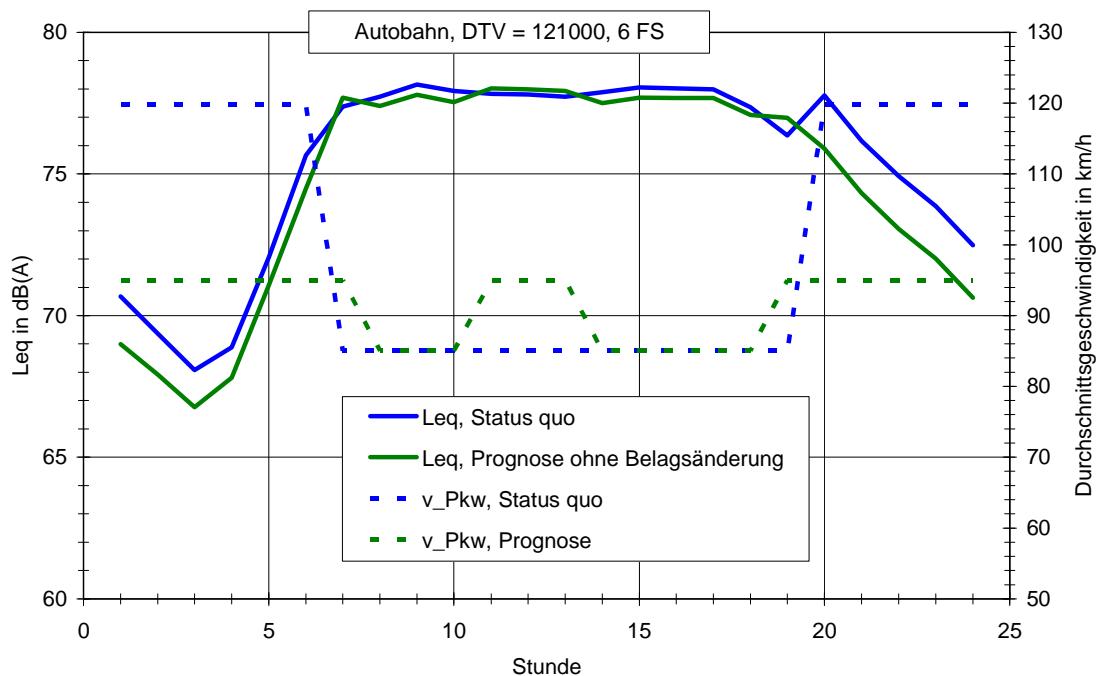


Abbildung 12: Tagesganglinien des Mittelungspegels am Beispiel einer Autobahn mit 6 Fahrstreifen und einem DTV von 106000 Kfz

Abbildung 12 zeigt dasselbe Szenario, allerdings für eine Autobahn mit deutlich höherer Verkehrsbelastung je Fahrstreifen, sodass in den Spitzenstunden Geschwindigkeitseinbrüche auftreten. Die Minderungswirkung ist in diesem Fall nur außerhalb der Spitzenstunden vorhanden.

Abbildung 13 zeigt eine noch höhere Verkehrsbelastung je Fahrstreifen, die bewirkt, dass die Minderungswirkung zwischen den Stunden 7 bis 19 praktisch nicht mehr vorhanden ist.



**Abbildung 13: Tagesganglinien des Mittelungspegels am Beispiel einer Autobahn mit 4 Fahrstreifen und einem DTV von 121000 Kfz**

Diese Zusammenhänge bleiben in anderen Modellen (auch in RLS-90 / VBUS) meist unberücksichtigt.

Eine Unterscheidung der Verkehrsbelastung für die Beurteilungszeiträume tags, abends und nachts ist allerdings auch in RLS-90 / VBUS vorgesehen (vgl. auch VBUS, Tabelle 2), jedoch erfolgt dort im Gegensatz zu TraNECaM keine Anpassung der zugrundeliegenden Fahrgeschwindigkeiten und Verkehrssituationen. Die Auswirkungen von Maßnahmen, die den Verkehrsablauf beeinflussen, können somit mit VBUS nicht bestimmt werden.

Mit TraNECaM ist dies sehr wohl möglich. Wenn entsprechende Fahrverläufe vorliegen, kann die Auswirkung mit Hilfe des RoTraNoMo-Zweigs sogar sehr detailliert be-

stimmt werden, beispielsweise bei Verkehrsmanagementmaßnahmen, die auf eine Verstetigung des Verkehrsablaufs ausgerichtet sind.

RoTraNoMo bestimmt die Geräuschemission einzelner Fahrzeuge mit sekündlicher Auflösung oder, falls erforderlich, auch höherer Auflösung. RoTraNoMo wurde im Rahmen eines EU-Forschungsprojekts mit der Zielsetzung entwickelt, die Ergebnisse von mikroskopischen Verkehrssimulationsmodellen um die Geräuschemission zu erweitern. Die Ergebnisse von RoTraNoMo für die vorstehend geschilderten Maßnahmen können dann so weit aggregiert werden, dass sie in das Modell TraNECaM implementiert werden können.

TraNECaM liefert zudem die quantitativen Beiträge einzelner Fahrzeugklassen zum Gesamtpegel, sodass die Auswirkungen selektiver Fahrverbote (räumlich wie zeitlich) bestimmt werden können.

Eine Programmbeschreibung kann der Anlage 2 entnommen werden.

### 5.3 Vorgehensweise

Die Ermittlungen der Lärmemissionen erfolgen auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Datensätze für Hamburg (► Kapitel 2).

Das Modell TraNECaM benötigt ergänzende Parameter zu den Emissionsmodellen der RLS-90 / VBUS. Die nicht aus dem Hamburger Datensatz verfügbaren Parameter werden wie folgt ergänzt bzw. zugeordnet:

▪ **Straßengattung:**

Im Zuge der Erarbeitung von Vorschlägen für Minderungsmaßnahmen werden die Straßen des Eingangsdatensatzes folgendermaßen kategorisiert:

- Autobahnen
- Magistralen (radiale Hauptverkehrsachsen)
- Ringe (ringförmig verlaufende Hauptverkehrsstraßen)
- Sonstige Hauptverkehrsstraßen

Diese dienen zusammen mit den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten als Grundlage für die Aufteilung in Straßenkategorien nach TraNECaM (► Tabelle 4).

▪ **Straßenoberfläche**

Die Straßenoberflächen werden mit der Unterteilung aus dem Hamburger Datensatz übernommen:

- Asphaltbeton (oder Splittmastixasphalt 0/11)
- ebenes Pflaster
- sonstiges Pflaster

Zudem ist in dem Beispielgebiet für bestimmte Straßen die Erneuerung der Fahrbahndeckschicht durch eine leisere Deckschicht gegenüber dem Bestand vorgesehen. Dies betrifft 248 Straßen mit bisherigen Deckschichten aus Asphaltbeton und 19 Straßen mit unebenem Pflaster. TraNECaM enthält eine Tabelle mit Zu- und Abschlägen für das Reifen-Fahrbahngeräusch und zwar getrennt für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge einerseits und schwere Nutzfahrzeuge (Lkw und Busse) andererseits. Dadurch ergeben sich je nach Geschwindigkeitsniveau einer Straße unterschiedliche Minderungswirkungen im Gesamtgeräusch (bei niedrigen Geschwindigkeiten und hohen Lkw-Anteilen gering, bei hohen Geschwindigkeiten und niedrigen Lkw-Anteilen hoch), was durch Vorbeifahrtmessungen validiert /17/ wurde.

Auf der Grundlage dieser Tabelle wurden für die Erneuerung der Fahrbahndeckschicht folgende Minderungen der Reifen-Fahrbahngeräusche angesetzt:

- Ausgangsdeckschicht Splittmastixasphalt 0/11:
  - o Pkw & leichte Nutzfahrzeuge 3 dB(A)
  - o Schwere Nutzfahrzeuge 3 dB(A)
- Ausgangsdeckschicht unebenes Pflaster:
  - o Pkw & leichte Nutzfahrzeuge 9 dB(A)
  - o Schwere Nutzfahrzeuge 7 dB(A)

#### ▪ **Lkw-Anteile**

Die Lkw-Anteile des Hamburger Datensatzes liegen zwischen 0 und 68 %. Das Modell versteht unter Lkw Nutzfahrzeuge mit einer zul. Gesamtmasse über 3500 kg. Die leichten Nutzfahrzeuge mit einer zul. Gesamtmasse bis 3500 kg werden modellintern mit Defaultwerten aus Verkehrszählungen von den verbleibenden Pkw abgespalten.

Das Modell verteilt ausgehend vom DTV Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge mit separaten spezifischen Tagesganglinien über 24 Stunden des Tages. Die Tagesganglinien stammen aus Verkehrszählungen im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums für die Verwendung im Handbuch für Emissionsfaktoren und werden als übertragbar auf Hamburg angesehen.

- **Zulässige Höchstgeschwindigkeit**

Die im Hamburger Datensatz aufgeführten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten lagen zwischen 20 km/h und 120 km/h und werden mit der dortigen Unterteilung in das Rechenmodell übernommen. Dazu waren die in Kapitel 2 beschriebenen Anpassungen notwendig.

Die Stadt Hamburg hat bereits einige Straßen, in denen nach Tageszeit unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten gelten. Für die Prognoseszenarien wurden auch unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge einerseits (im folgenden Pkw genannt) und schwere Nutzfahrzeuge andererseits (im folgenden Lkw genannt) vorgesehen. Daher wird das Modell so erweitert, dass für die vorstehend genannten Fahrzeugkategorien und die Tageszeiträume Tag und Abend einerseits und Nacht andererseits separate Geschwindigkeitsbegrenzungen vorgesehen werden können.

- **Straßenkategorien**

Das TraNECaM-Modell verwendet folgende Straßenkategorien:

**Tabelle 4: Straßengattungen des Modells TraNECaM**

Anmerkung:

IDSKM ist der modellinterne Indikator zur Zuordnung von Emissionsfaktoren.  
Die zulässige Geschwindigkeit für Innerorts, Zentrum ist 50 km/h.

IDSKM	Straßenkategorie
10	Autobahn, ohne Tempolimit
11	Autobahn, Tempolimit 120 km/h
12	Autobahn, Tempolimit 100 km/h
13	Autobahn, Tempolimit 80 km/h
14	Autobahn, Tempolimit 60 km/h
2	Außerorts, Tempo 100 km/h
3	Außerorts, Tempo 80/90 km/h
4	Außerorts, Tempo 70 km/h
5	Innerorts, Hauptverkehrsstraße, Tempolimit > 50 km/h
6	Innerorts, Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, vorfahrtberechtigt
7	Innerorts, Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, ampelgeregelt
8	Innerorts, Zentrum
21	Innerorts, Verkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h
22	Innerorts, Verkehrsstraße, Tempolimit 20 km/h
9	Innerorts, Wohnstraße, Tempolimit 50 km/h
19	Innerorts, Wohnstraße, Tempolimit 30 km/h
20	Innerorts, Wohnstraße, Tempolimit 20 km/h

Die Maßnahmenszenarien sehen auch ein Tempolimit von 40 km/h auf sonstigen Hauptverkehrsstraßen vor. Daher wird das Modell um eine entsprechende Straßengattung erweitert und zwar sowohl für Hauptverkehrsstraßen (IDSKM = 24) als auch für Wohnstraßen (IDSKM = 23). Die zugehörigen Emissionsdaten werden durch energetische Mittelung der Werte für Tempo 30 und Tempo 50 gewonnen.

Die Zuordnung zu der TraNECaM-Gattung erfolgt anhand der zul. Höchstgeschwindigkeiten:

- Kategorie „Autobahn“:  
70 und 80 km/h zu IDSKM-Klasse 13 sowie  
50 und 60 km/h zu IDSKM-Klasse 14
- Kategorie „Magistrale“:  
100 km/h zu IDSKM-Klasse 2,  
80 km/h zu IDSKM-Klasse 3,  
60 und 70 km/h zu IDSKM-Klasse 5,  
50 km/h zu IDSKM-Klasse 7 und  
30 km/h zu IDSKM-Klasse 21
- Kategorie „Ring“:  
60 und 70 km/h zu IDSKM-Klasse 5,  
50 km/h zu IDSKM-Klasse 7 und  
30 km/h zu IDSKM-Klasse 21
- Kategorie „Sonstige Hauptverkehrsstraßen“:  
Die Zuordnung zu IDSKM-Klassen erfolgt wie bei den Magistralen.

#### ▪ **Richtungstyp und Lage / Funktion**

Das TraNECaM-Modell umfasst zudem die Parameter „Richtungstyp“ und „Lage/Funktion“, die die Auswahl der Tagesganglinien beeinflussen.

Beim Richtungstyp gibt es folgende Unterscheidungen:

- beide Richtungen
- stadteinwärts
- stadtauswärts

Da hierüber keine Informationen vorliegen, werden alle Straßen mit „beide Richtungen“ eingestellt.

Bei der Lage/Funktion gibt es folgende Unterscheidungen:

- Kernstadtgebiet, Tangential-, Ringstraßen
- Kernstadtrand, Radialstraßen
- Stadtrand, Erschließungs-, Ortsteilverbindungsstraßen
- Autobahn

Den Ringen, Magistralen und Autobahnen werden die obiger Aufzählung entsprechenden Indikatoren zugewiesen. Die übrigen Hauptverkehrsstraßen werden als Stadtrand-, Erschließungs- und Ortsteilverbindungsstraßen eingestuft.

Die Berechnungen erfolgen dann mit stündlicher Auflösung. Die Zusammenfassung der Stundenwerte zu  $L_{Tag}$ ,  $L_{Abend}$  und  $L_{Nacht}$  erfolgen gemäß der Berechnungsvorschrift nach Umgebungslärmrichtlinie VBUS.

## 5.4 Datenschnittstelle

Die Ergebnisse werden über eine im Zuge dieses Vorhabens definierte Schnittstelle an die Schallausbreitungssoftware zur Berechnung der Schallimmissionen im Untersuchungsgebiet übergeben.

Um die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Änderungen in der zur Verfügung stehenden Zeit durchführen zu können, wird dabei wie folgt vorgegangen:

Die Eingangsdaten werden in eine separate Datenbank eingelesen, deren Tabellen mit der TraNECaM-Datenbank verknüpft sind. Die Tabelle mit den Eingangsdaten wird zunächst in eine Spiegeltabelle eingelesen, in die auch die notwendigen Indikatoren und Berechnungsergebnisse geschrieben werden. Die erforderlichen Zuordnungen der Parameter erfolgen per Abfragen, die auf die jeweilige Berechnungsvariante zugeschnitten sind.

An die Schnittstellenausgangstabelle zur Schallausbreitungssoftware werden die Eingangsdaten sowie die Emissionsparameter übergeben:

- Leq\_T – LTag für alle Kfz,
- Leq\_A – LAbend für alle Kfz,
- Leq\_N – LNacht für alle Kfz.

Die Ausbreitungsberechnungen erfolgen gemäß Richtlinie 2002/49/EG /18/ nach VBUS /19/.

## 6 Maßnahmenvalidierung und Modellvergleich

Die Ermittlung der Betroffenenzahlen am Beispiel Hamburg erfolgt auf Grundlage des maßnahmensensitiven Emissionsmodells TraNECaM (► Kapitel 5) und der anschließenden Ausbreitungsberechnung nach VBUS für ein Beispielgebiet:

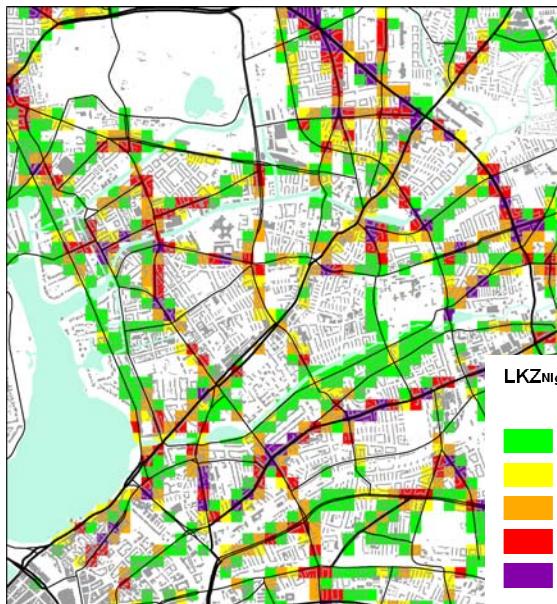
1. **Analyse:** Die Betroffenenzahlen für Hamburg (Beispielgebiet) werden als Referenz für die Ausgangslage ohne Maßnahmen (► Kapitel 2) ermittelt.
2. **Maßnahmen:** Die Maßnahmen werden auf Grundlage der Wirkungsabschätzung auf den Modal-Split und die Geschwindigkeit am Beispiel Hamburg abgebildet (► Kapitel 4, Tabelle 3). Es werden verkehrliche Maßnahmen zur Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs, insbesondere des Lkw-Verkehrs in Kombination mit einer konsequenten und flächendeckenden Durchsetzung von Maßnahmen zur Senkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit betrachtet.
3. **Straßenoberflächen:** Zudem erfolgt in einer weiteren Berechnungsvariante anhand des Beispielgebietes die Ermittlung der zusätzlichen Wirkung durch Austausch von Straßenoberflächen (► Kapitel 5.1 sowie 5.3).

Für eine Verortung der Lärmschwerpunkte wird auf das Instrument der LärmKennZiffer-Methode (LKZ) nach Bönnighausen/Popp /20/ zurückgegriffen. Die Anzahl der über einem bestimmten Schwellenwert (hier:  $L_{Night} \geq 55 \text{ dB(A)}$ ) betroffenen Einwohner wird hierfür mit dem Maß der Schwellenwertüberschreitung multipliziert. Die Darstellung erfolgt anhand eines Hektar-Rasters (100 m x 100 m).

Die Betroffenheitssituation für Hamburg in der Analyse wird der Situation mit Maßnahmen (ohne Sanierung von Straßenoberflächen) für ein Beispielgebiet gegenübergestellt (► Abbildung 14). Je dunkler die Farbe, desto höher ist die Lärmbedrohung (aufsteigende Abstufung von grün nach lila).

Die nachfolgende Abbildung 15 zeigt die Betroffenheitsreduzierungen im Beispielgebiet bei Umsetzung der Maßnahmen gegenüber der Analyse (LKZ-Differenz Maßnahmen/Analyse) sowie der zusätzlichen Wirkung durch gezielten Austausch der Straßenoberflächen (LKZ-Differenz Straßenoberflächen/Maßnahmen). Je dunkler das Grün, desto stärker ist die LKZ-Reduzierung.

**Betroffenheiten – Analyse**  
 (► Anlage 5)



**Betroffenheiten – Maßnahmen**  
 (► Anlage 6)

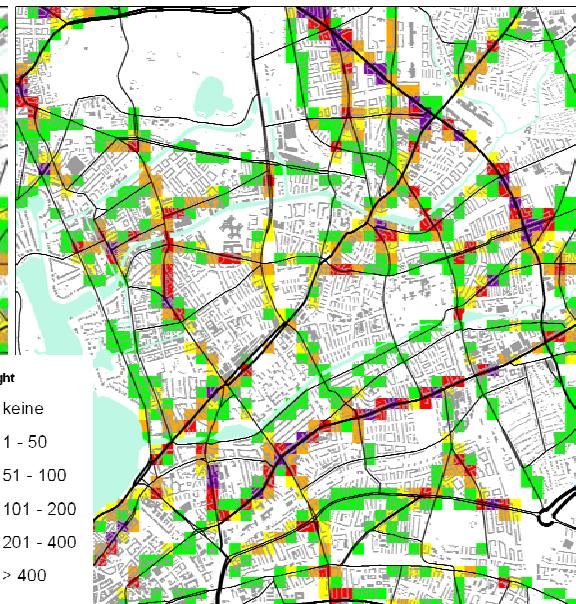
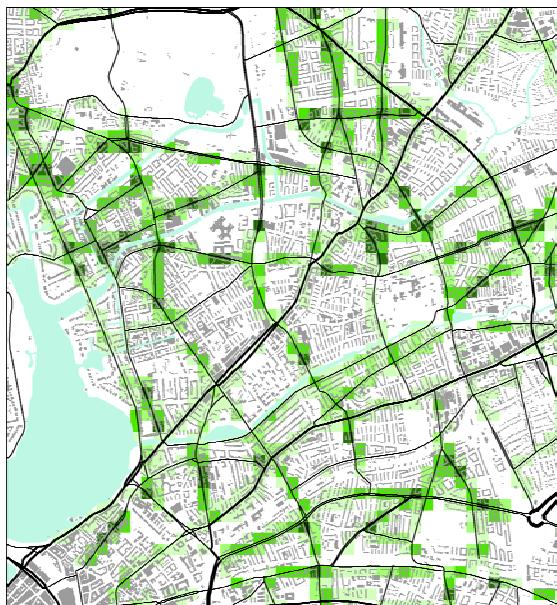


Abbildung 14: Ergebnisse der Wirkungsanalyse (TraNECaM) ohne Austausch der Straßenoberflächen

**Reduktion Betroffenheiten –**  
**Maßnahmen/Analyse**  
 (► Anlage 7)



**Reduktion Betroffenheiten –**  
**Straßenoberflächen/Maßnahmen**  
 (► Anlage 8)

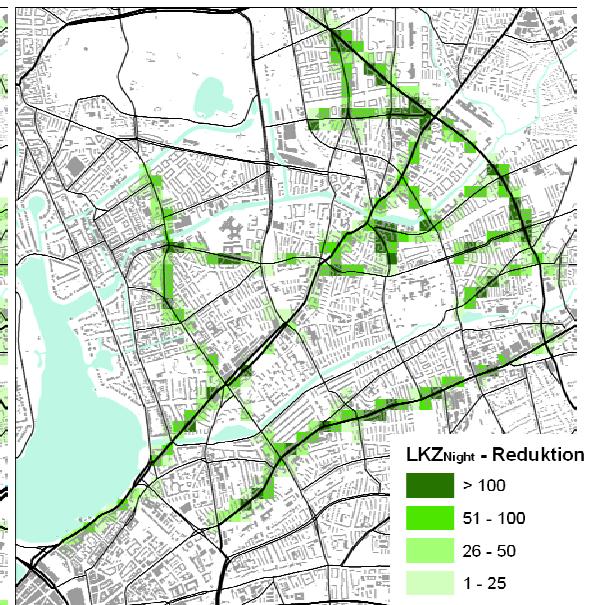


Abbildung 15: Reduktion Betroffenheiten nach TraNECaM

In Abbildung 16 sind die Reduktionspotenziale für Hamburg anhand eines Beispielgebiets mit der Erhebung durch das maßnahmensensitive Emissionsmodell TraNECaM

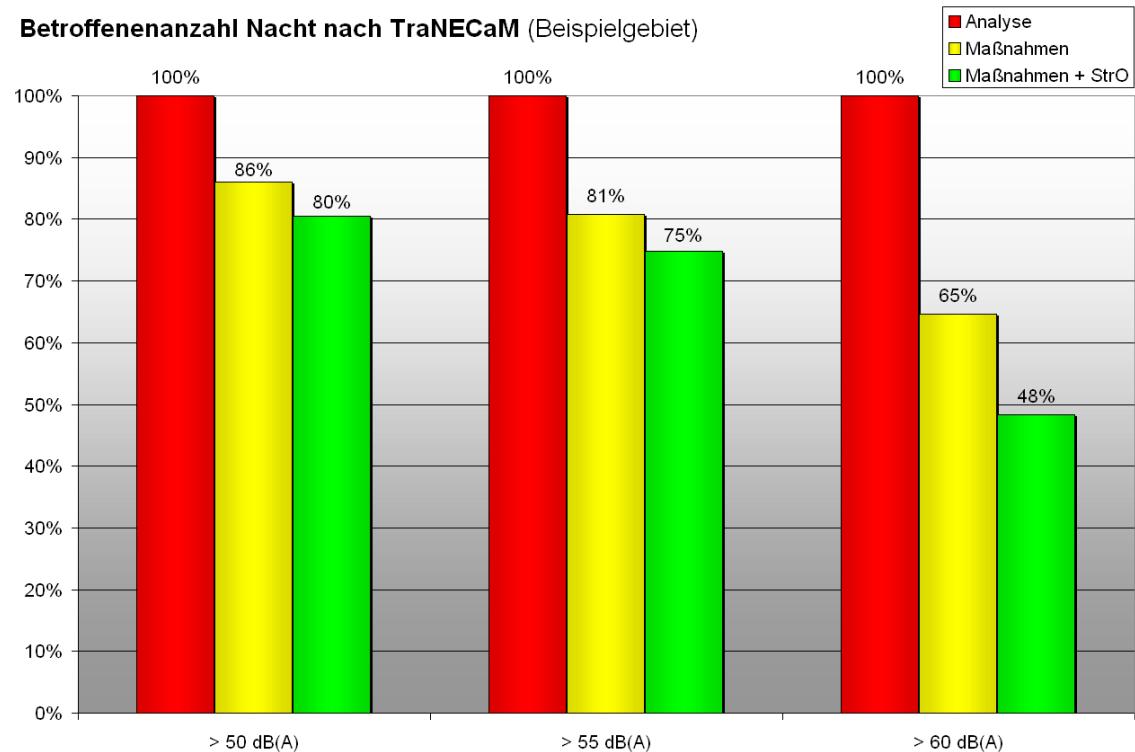
für verschiedene Schwellenwerte aufgetragen. Hierbei wurden die Betroffenenzahlen der Analyse jeweils auf 100 % gesetzt, um die Rückgänge ab den jeweiligen Schwellenwerten zu verdeutlichen.

Hierbei wird deutlich, dass ...

... bereits mit Hilfe der angesetzten Maßnahmen auf den Modal-Split und die Geschwindigkeit Reduzierungen der Betroffenenzahlen nachts von nahezu 15 % bezogen auf Beurteilungspegel > 50 dB(A) erzielt werden können.

... für höhere Belastungen noch deutlich höhere Potenziale für Betroffenenreduktionen zu erkennen sind: So ergeben sich Reduzierungen der Betroffenenzahlen nachts von nahezu 20 % bezogen auf Beurteilungspegel > 55 dB(A), die nach Einschätzung des Sachverständigenrats für Umweltfragen /21/ die potenzielle Schwelle der Gesundheitsgefährdung darstellt.

... sich bezogen auf Beurteilungspegel > 60 dB(A) sogar Reduzierungen der Betroffenenzahlen nachts von 35 % ergeben.

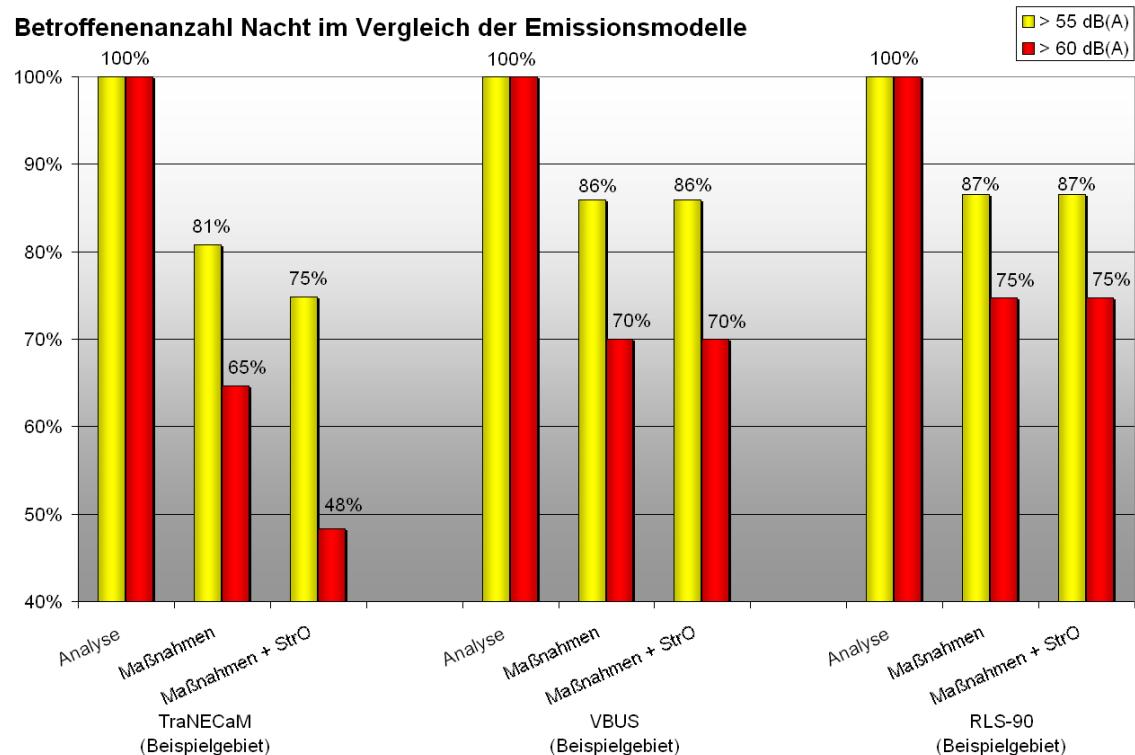


**Abbildung 16: Reduzierung Betroffenenanzahl Nacht Hamburg Beispielgebiet**  
(Ermittlung mit TraNECaM)

Zudem kann das Konzept der Sanierung durch lärmarme Straßenoberflächen (► Abbildung 3) insbesondere in den sehr hohen Belastungsbereichen wirksam greifen:

- So macht sich der Einfluss durch lärmarme Straßenoberflächen in dem untersuchten Beispielbereich für die Belastetenzahlen > 50 dB(A) und > 55 dB(A) nachts durch Reduktion um weitere 6 % bemerkbar. Die Belastetenzahlen > 50 dB(A) nachts können so insgesamt um 20 % und die > 55 dB(A) nacht um 25 % gesenkt werden.
- Für die sehr hohen Belastungen > 60 dB(A) nachts kann durch lärmarme Straßenoberflächen sogar eine weitere Reduktion der Betroffenenzahlen um mehr als 15 % auf insgesamt weniger als die Hälfte erreicht werden.

Um den Unterschied der Erhebungen durch das maßnahmensempfindliche Emissionsmodell TraNECaM gegenüber den herkömmlichen Emissionsmodellen der VBUS bzw. den RLS-90 aufzuzeigen, werden die jeweils mit den Emissionsmodellen abbildbaren Reduktionspotenziale durch die angedachten Maßnahmen für das Beispielgebiet vergleichend berechnet (► Abbildung 17).



**Abbildung 17: Reduzierung der Betroffenenanzahlen Nacht im Vergleich der Emissionsmodelle**

Die wesentlichen Ergebnisse sind:

- Die Wirkung lärmärmer Straßenbeläge bei zulässigen Höchstgeschwindigkeiten unter 60 km/h ist durch die Emissionsmodelle VBUS und RLS-90 nicht abbildbar.
- Die Wirkung von Maßnahmen, die den Verkehrsablauf beeinflussen (z.B. Verstellung des Verkehrsablaufes) kann mit den Emissionsmodellen VBUS und RLS-90 nicht abgebildet werden.
- Die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte erfolgt mit TraNECaM für das jeweilige Bezugsjahr. Die Emissionsmodelle VBUS und RLS-90 rechnen mit einer Fahrzeugflotte, die nicht mehr den heutigen Gegebenheiten entspricht.
- Die Reduktionseffekte auf die Betroffenenzahlen nachts bei den Berechnungen mit den Emissionsmodellen der RLS-90 und der VBUS sind aufgrund der gleichen Ansätze im Emissionsmodell erwartungsgemäß ähnlich. Aufgrund der Zuschläge für Lichtsignalanlagen bei den RLS-90 ergeben sich jedoch absolut höhere Beurteilungspegel und somit eine geringere relative Reduktion der Betroffenenzahlen durch die vorgesehenen Maßnahmen in den hohen Pegelklassen (über 60 dB(A) nachts).
- Mit den Emissionsmodellen der RLS-90 und der VBUS sind im Vergleich zu TraNECaM geringere Reduktionseffekte abbildbar. So betragen die Reduktionseffekte mit den Emissionsmodellen der RLS-90 und der VBUS bei Belastungen über 55 dB(A) ca. 15 %, mit TraNECaM jedoch 20 %. Bei Belastungen über 60 dB(A) nachts betragen die Reduktionseffekte mit den Emissionsmodellen der RLS-90 25 % und der VBUS 30 %, mit TraNECaM jedoch 35 %.
- Des Weiteren wird hierdurch deutlich, dass eine zusätzliche Sanierung einzelner Fahrbahnoberflächen durch lärmarme Straßenbeläge insbesondere in den sehr hohen Pegelbelastungen zusätzlich deutliche Erfolge in der Reduktion der Belastetenzahlen bewirken kann, was mit den herkömmlichen Modellen nicht immer abgebildet wird.

## 7 Zusammenfassung

Das Vorhaben zeigt einen für die Aktionsplanung zur Minderung des Straßenverkehrs-lärms in großen Ballungsräumen - auch hinsichtlich des engen Zeitrahmens - vertretbaren Lösungsweg auf, der Lärmreduktionseffekte so realitätsnah wie derzeit möglich abbildet und dabei die synergetische Wirkung von unterschiedlichen Umweltschutz-konzeptionen berücksichtigt:

- **Lärmaktionsplanung ist eine Querschnittsaufgabe**

Lärmaktionsplanung ist eine Querschnittsaufgabe mit vielfältigen Wechselwirkungen zu benachbarten Planungsdisziplinen. So haben viele lärmreduzierende Maßnahmen auch Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, die Qualität des Verkehrsflusses oder die Kapazität des Straßennetzes. Maßnahmen zur Verkehrslenkung oder zur Verstärkung wirken außerdem häufig direkt auf die Feinstaub- oder Stickstoffoxid-Immissionen, die durch die neuen EU-Regelungen in den kommenden Jahren noch stärker in den Fokus der Betrachtungen rücken werden. Schließlich ist der Lärm ein entscheidendes Kriterium für die Wahl des Wohnstandortes und ein wichtiger Indikator für die allgemeine Aufenthaltsqualität in der Stadt.

Hinzu kommt, dass ein Großteil der für die Lärmkartierung und die Lärmaktionspla-nung benötigten Daten wie beispielsweise das digitale Geländemodell, Gebäude- und Einwohnerdaten oder Verkehrsmengen und Lkw-Anteile auch in anderen Berei-chen verwendet werden. Ein gemeinsames Vorgehen ...

... vermeidet unnötige Kosten bei der Datenvorhaltung und Datenaufbereitung.

... hilft durch eine frühzeitige Abstimmung Zielkonflikte rechtzeitig zu erkennen und zu vermeiden.

... ermöglicht die effiziente Nutzung von Personalkapazitäten und die Allokation von finanziellen Ressourcen.

- **Synergetische Wirkung mit anderen Planungsvorhaben**

Aus den genannten Punkten wird deutlich, dass die Lärmaktionsplanung nicht im klassischen Ressortdenken bewältigt werden kann. Für eine effiziente Nutzung der vorhandenen Ressourcen ist eine dauerhafte Verknüpfung der Lärmaktionsplanung mit den benachbarten Planungsdisziplinen notwendig. Beispiele hierfür sind die Verkehrsentwicklungsplanung, die Luftreinhalteplanung und die Bemühungen zum Klimaschutz.

- **Strategischer Ansatz**

Die Entwicklung geeigneter lärmreduzierender Maßnahmen und deren Umsetzung erfordert eine Koordination und Abstimmung mit allen relevanten Planungen.

Hamburg hat den Ansatz der strategischen Lärmaktionsplanung auf gesamtstädtischer Ebene gewählt. Viele der in Hamburg vorhandenen und vom Senat der Freien und Hansestadt Hamburg beschlossenen Planungen beinhalten Maßnahmen, die neben ihrem eigentlichen Ziel auch Auswirkungen auf die Lärmsituation haben. Es ist daher nahe liegend, diese Maßnahmen zu identifizieren und hinsichtlich ihrer Lärmrelevanz zu bewerten. Vorhandene Planungen in die Strategien zur Lärmminderung einzubinden und daraus integrierte Maßnahmenkonzepte zur Lärmminderung zu entwickeln, stellt die Akzeptanz und Kompatibilität des Lärmaktionsplans in der Stadt sicher, ohne wesentliche Zusatzkosten zu verursachen. In der Regel sind diese Maßnahmen bereits vom Hamburger Senat beschlossen und mit entsprechenden Finanzmitteln ausgestattet, was deren Umsetzungschancen deutlich erhöht.

Das Handlungskonzept des strategischen Lärmaktionsplans Hamburg dient als Grundlage der Wirkungsanalyse und beinhaltet folgende Ansätze:

### **1. Gesamtstädtischer Ansatz**

- Analyse vorhandener und geplanter Lärminderungsmaßnahmen
- Erarbeitung eines Handlungskonzeptes für die Entscheidungsebene „Gesamtstadt“
- Entwicklung einer langfristigen Strategie (die durch die Politik mitgetragen werden kann)
- Evaluierung der identifizierten Maßnahmen anhand der Veränderung der Belastenzahlen und deren Vorstellung in der Öffentlichkeit
- Zusammenführung von Handlungskonzept und langfristiger Strategie zu einem gesamtstädtischen Aktionsplan unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Maßnahmen-Evaluierung und der Öffentlichkeitsbeteiligung

### **2. Bezirksebene**

Aufbauend auf dem strategischen gesamtstädtischen Ansatz erfolgt in einer zweiten Stufe die konkrete Maßnahmenplanung auf Bezirksebene.

#### **▪ Maßnahmensempfehlungen**

Um Lärminderungseffekte so realitätsnah wie möglich abzubilden, ist der Einsatz maßnahmensempfehlender Emissionsmodelle für die Maßnahmenevaluierung unumgänglich.

Die Berechnung der Lärmbelastung durch den Straßenverkehr erfolgt nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90) bzw. nach der Vorläufigen Be-

rechnungsmethode für die Ermittlung von Umgebungslärm durch Straßenlärm (VBU). Die RLS-90 wurden zur Abgrenzung von Rechtsansprüchen auf Lärm- schutz beim Straßenneubau oder bei wesentlichen baulichen Veränderungen bestehender Straßen entwickelt. Die Emissionsberechnungen der RLS-90 basieren im Wesentlichen auf älteren Geräuschmessungen und sind nicht an die aktuelle Zusammensetzung der Fahrzeugflotte angepasst worden. Für die Abgrenzung von Rechtsansprüchen im Zusammenhang mit der Überschreitung von Grenzwerten ist dies weniger problematisch, weil die Emissionsberechnung in der Regel so ausgelegt ist, dass sie eine Sicherheitsmarge im Sinne der Lärm betroffenen vorhält. Für die Bestimmung von Maßnahmenwirkungen im Rahmen von Aktionsplänen ist diese Vorgehensweise jedoch von Nachteil, weil die Wirkung häufig nicht richtig eingeschätzt wird. Außerdem gibt es Maßnahmen, deren Wirkungen mit den gesetzlichen Rechenmodellen gar nicht abgeschätzt werden können. Hierzu gehören zum Beispiel die auf einen verbesserten Verkehrsfluss abzielenden Maßnahmen.

Vor diesem Hintergrund wurde in den 90er Jahren das maßnahmensensitive Ge- räuschmodell TraNECaM im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt, das eine wesentlich detailliertere Berechnung ermöglicht und hierbei den technischen Fortschritt bei den Kraftfahrzeugen berücksichtigt. Die Datenbasis des Modells ist hin- sichtlich Straßen- und Fahrzeugkategorien erheblich breiter angelegt als die der herkömmlichen Modelle. Ein weiterer grundlegender Unterschied zur VBU bzw. den RLS-90 besteht darin, dass TraNECaM Roll- und Antriebsgeräusch getrennt ermittelt und somit eine Abbildung von Maßnahmen sowohl im Bereich der Antriebs- technik als auch im Bereich von Reifen und Fahrbahn möglich macht.

So können an dem im Rahmen dieses Projektes untersuchten Hamburger Beispiel- gebiet bereits mit Hilfe der so genannten „weichen Maßnahmen“ (namentlich Maß- nahmen zur Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs, insbesondere der Lkw in Kombination mit einer konsequenten und flächendeckenden Durchsetzung von Maßnahmen zur Senkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit) sehr deutliche Reduzierungen der Betroffenzahlen nachts von annähernd 20 % bezogen auf Beurteilungspegel > 55 dB(A) erzielt werden. Bezogen auf sehr hohe Beurteilungs- pegel > 60 dB(A) ergeben sich in dem untersuchten Hamburger Beispielgebiet sogar Reduzierungen der Betroffenzahlen nachts von 35 %.

Durch Sanierung einzelner Fahrbahnoberflächen mit lärmarmen Straßenbelägen kann insbesondere bei sehr hohen Lärm belastungen eine deutliche zusätzliche Reduktion der Belastenzahlen auch im innerstädtischen Bereich bewirkt werden. Die Belastetenzahlen über 60 dB(A) nachts in dem ausgewählten Beispielbereich können so um mehr als die Hälfte reduziert werden. Dieser Effekt ist wie die lärmmin- dernde Wirkung durch Verfestigung des Verkehrs jedoch durch die Emissionsmo- delle VBU und RLS-90 nicht vorschriftengemäß abbildbar.

## 8 Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Ausgewertete Planungsinstrumente
- Anlage 2: Programmbeschreibung TraNECaM
- Anlage 3: Verkehrsachsen des Ballungsraums Hamburg
- Anlage 4: Abschätzung der Maßnahmenwirkungen auf den Modal-Split und die Geschwindigkeiten
- Anlage 5: Betroffenheitsplan ( $LKZ = \text{Belastete} \times \text{Schwellenwertüberschreitung}$   
 $L_{night} \geq 55 \text{ dB(A)}$  in ha-Rastern), Analyse,  
Beispielgebiet, Erhebung mit TraNECaM
- Anlage 6: Betroffenheitsplan ( $LKZ = \text{Belastete} \times \text{Schwellenwertüberschreitung}$   
 $L_{night} \geq 55 \text{ dB(A)}$  in ha-Rastern), Maßnahmenszenario  
Beispielgebiet, Erhebung mit TraNECaM
- Anlage 7: Differenzplan Betroffenheiten ( $LKZ = \text{Belastete} \times \text{Schwellenwertüberschreitung}$   
 $L_{night} \geq 55 \text{ dB(A)}$  in ha-Rastern), Maßnahmenszenario - Analyse,  
Beispielgebiet, Erhebung mit TraNECaM
- Anlage 8: Differenzplan Betroffenheiten ( $LKZ = \text{Belastete} \times \text{Schwellenwertüberschreitung}$   
 $L_{night} \geq 55 \text{ dB(A)}$  in ha-Rastern),  
Zusatzwirkung lärmarme Straßenoberflächen - Maßnahmenszenario,  
Beispielgebiet, Erhebung mit TraNECaM

## 9 Quellenverzeichnis

- /1/ **TraNECaM, Emissionsmodul im Geräuschbelastungsmodell**, ARGE TÜV Automotive / Lärmkontor, Vorhaben Nr. 105 02 221, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dezember 2000
- /2/ Freie und Hansestadt Hamburg: **Strategischer Lärmaktionsplan Hamburg - Argus Stadt- und Verkehrsplanung**, Hamburg, LÄRMKONTOR GmbH, Hamburg, LK Argus GmbH, Berlin, konsalt GmbH, Hamburg, 24. November 2008
- /3/ Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: **Mobilität in Deutschland**. Ergebnisbericht, April 2004
- /4/ **Hamburger Verkehrsverbund GmbH: Bericht 2007**
- /5/ Freie und Hansestadt Hamburg, **Hamburger Klimaschutzkonzept 2007-2012** Hamburg, 2007
- /6/ Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Bau und Verkehr, Amt für Verkehr und Straßenwesen, V5: **Park-and-Ride (P+R)-Konzept 2003/2004**
- /7/ Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Verkehr und Straßenwesen, V 14: **Radverkehrsstrategie für Hamburg**, Hamburg / Hannover, Oktober 2007
- /8/ Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Verkehr und Straßenwesen, V 52: **Bestandsaufnahme Bike and Ride an Hamburger Schnellbahnhaltestellen**, Hamburg, 2002, 2003, 2004, 2006
- /9/ Deutsches Institut für Urbanistik / LK Argus GmbH / Verkehrsmanagementzentrale / Bezirk Mitte von Berlin: **Parkraummanagement in Berlin**, 2007 - 2009. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Förderinitiative Mobilität 21 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Förderkennzeichen 650013/2007
- /10/ Freie und Hansestadt Hamburg. Behörde für Wirtschaft und Arbeit, Hamburg Port Authority: **Im Fokus dynamischer Wachstumsmärkte, Chancen und Entwicklungspotenziale des Hamburger Hafens**, Hamburg, 2005
- /11/ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH: **Umwelt- und Verlagerungseffekte von Politikinstrumenten**, Vortrag von Susanne Böhler im Rahmen des Workshops „Herausforderung nachhaltiger Verkehrspolitik – Welche Rolle spielt Verkehrsverlagerung?“, Berlin, 13. November 2007
- /12/ Freie und Hansestadt Hamburg. Klimaschutz in Hamburg, **Maßnahmenkatalog zum Klimaschutzkonzept 2007-2012**, Hamburg, 2007
- /13/ Keuchel, D. S.: **Fahrleistungszuwachs durch GVZ in Ballungsräumen?** Internationales Verkehrswesen 52(4), S. 136-141, 2000

- 
- /14/ Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung: **Hinweise für die Entwicklung von Güterverkehrszentren (GVZ)**, Köln, 2004
  - /15/ **Handbuch Emissionsfaktoren für Straßenfahrzeuge (HBEFA)**, siehe <http://www.hbefa.net/>
  - /16/ **ROTRANOMO**, Development of a Microscopic Road Traffic Noise Model for the Assessment of Noise Reduction Measures, PROJECT No. GRD2-2001-50091, im Auftrag der Europäischen Kommission im Rahmen des Programms 'Competitive and Sustainable Growth', 2005
  - /17/ TRL & RWTÜV: **INTEGRATED ASSESSMENT OF NOISE REDUCTION MEASURES IN THE ROAD TRANSPORT SECTOR**, im Auftrag der EU-Commission DG Enterprise, 2003
  - /18/ **Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm**  
(ABI. L 189 vom 18.7.2002, S. 12)
  - /19/ **Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen – VBUS**  
vom 15. Mai 2006
  - /20/ Bönnighausen, G.; Popp, C., Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Bau und Verkehr Ehem. Baubehörde: **LärmKennZiffer-Methode**, Methode zur Beurteilung lärmbedingter Konfliktpotenziale in der städte-baulichen Planung, 1988
  - /21/ **Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU)**; Umwelt und Gesundheit, Risiken richtig einschätzen;  
Deutscher Bundestag Drucksache 14/2300

## Anlage 1: Ausgewertete Planungsinstrumente

### Lärmschutz

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Projektliste Lärmaktionsplanung Bundesfernstraßen (V543), 13.03.2008

Freie und Hansestadt Hamburg, Haushaltsplan 2007/2008, Sonderinvestitionsprogramm „Hamburg 2010“, „Kostenbeteiligung Hamburgs zu freiwilligen Schallschutzmaßnahmen an der Güterumgehungsstraße“

### Air Quality Management

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Aktionsplan gegen Belastungen durch Feinstaub Hamburg/Habichtstraße, Hamburg, 2005

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Luftreinhalteplan für die Freie und Hansestadt Hamburg, Hamburg, 2004 incl. Anhang 2: 39 Punkte Programm

Hamburger Luftmessnetz – Ergebnisse 2004-2006

### Climate Protection and Sustainability

Freie und Hansestadt Hamburg, Hamburger Klimaschutzkonzept 2007-2012, Hamburg, 2007, Anlage 2: Maßnahmenkatalog

Freie und Hansestadt Hamburg, Hamburger Klimaschutzkonzept 2007-2012, Hamburg, 2007, Einzelplan 6, Nachbewilligung von Planstellen und Haushaltssmitteln

### Urban Development

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Räumliches Leitbild – Entwurf, Hamburg, 2007

Freie und Hansestadt Hamburg. Im Focus dynamischer Wachstumsmärkte – Chancen und Entwicklungspotenziale des Hamburger Hafens. Hamburg, 2005

Masterplan Industrie. Hamburg, 30.08.2007

### Transport Planning

Freie und Hansestadt Hamburg, Verkehrsentwicklungsplan, Hamburg, 2004

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Inneres, Beförderung gefährlicher Güter auf Straßen der Freien und Hansestadt Hamburg, Amtlichen Anzeiger, 8. März 2005

Radverkehrsstrategie für Hamburg

## Anlage 2: Modelbeschreibung Tranecam/Rotranomo

Heinz Steven

Datenanalysen und Gutachten



Waldhufenstr. 137  
D 52525 Heinsberg

Tel.: 02452 106740 oder  
Mobil: 0178 645 6019  
Fax: 02452 106721  
Email: FiGEGmbH@aol.com

28.09.2007

## 1 Einleitung

Die Belastung der Bevölkerung durch Lärm und Luftschadstoffe wird überwiegend durch die Quellen:

- Straßenverkehr,
- Schienenverkehr,
- Flugverkehr

bestimmt. Weitere bedeutsame Quellen sind Industrie und Gewerbe. Beim Lärm spielen sie inzwischen jedoch eine untergeordnete Rolle, bei den Luftschadstoffen sind sie eher für die Hintergrundbelastung mitverantwortlich, weil die Emission im Allgemeinen in großer Höhe erfolgt und durch Meteorologieeinflüsse großflächig verteilt wird.

Von den verkehrsbedingten Quellen kommt dem Straßenverkehr insofern eine hervorragende Bedeutung zu, weil er im Gegensatz zu den beiden anderen Quellen zumindest in Ballungsgebieten keine räumliche Begrenzung aufweist sondern flächendeckend vorhanden ist.

Grenzwertsetzungen und andere gesetzliche Rahmenbedingungen erfordern inzwischen eine Bestimmung der Belastung durch Lärm und Luftschadstoffe zumindest für Ballungsgebiete. Dies erfolgt im Allgemeinen durch Rechenmodelle. Im Falle der Lärmbelastung durch den Straßenverkehr ist dies z.B. die RLS 90. Diese Rechenmodelle gliedern sich in ein Emissionsmodul und ein Ausbreitungsmodul. Mit dem Emissionsmodul wird quantitativ bestimmt, wie viel Lärm oder Luftschadstoffe in einer Straße erzeugt werden, mit dem Ausbreitungsmodul wird bestimmt, wie viel davon an der Wohnung Betroffener ankommt.

Die Ausbreitungsmodelle sind hinsichtlich ihrer Detailliertheit und Genauigkeit in der Vergangenheit mehrfach verbessert worden. Für die Emissionsberechnung trifft dies nur bedingt zu. Beispielsweise basieren die Emissionsberechnungsformeln der RLS 90 immer noch auf Geräuschmessungen aus den frühen 80er Jahren.

Für die Abgrenzung von Rechtsansprüchen im Zusammenhang mit der Überschreitung von Grenzwerten ist dies weniger problematisch, weil die Emissionsberechnung zumeist so ausgelegt ist, dass sie den „worst case“ beschreibt, also eine Sicherheitsmarge hinsichtlich ihrer Genauigkeit vorhält.

Diese Vorgehensweise ist jedoch für die Bestimmung von Maßnahmenwirkungen im Rahmen von Aktionsplänen von Nachteil, weil die Wirkung durch worst case Betrachtung häufig überschätzt wird. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Maßnahmen, deren Wirkungen mit den gesetzlichen Rechenmodellen gar nicht abgeschätzt werden können. Hierzu gehören zum Beispiel die Verkehrsmanagementmaßnahmen.

## 2 Das Geräuschmodell Tranecam/Rotranomo

Vor diesem Hintergrund wurde in den 90er Jahren das Geräuschmodell Tranecam entwickelt, das eine wesentlich detailliertere Berechnung ermöglicht und den technischen Fortschritt bei den Kraftfahrzeugen berücksichtigt. Die Datenbasis des Modells ist hinsichtlich Straßen- und Fahrzeugkategorien erheblich breiter angelegt als die herkömmlichen Modelle.

Reifen-Fahrbahngeräusch und Antriebsgeräusch werden separat berechnet und zum Gesamtgeräusch aufaddiert, um eine genauere Bestimmung der Wirkung von

quellenbezogenen Maßnahmen (Fahrbahnbelag, Reifen, Motor und Antriebsstrang) zu ermöglichen.

Die im Modell verwendeten Emissionsfaktoren basieren auf für die jeweilige Straßenkategorie und Fahrzeugklasse repräsentativen Fahrverläufen, die aus umfangreichen Messungen des Fahrverhaltens im realen Straßenverkehr gewonnen wurden. Weitere Randbedingungen oder Einflussparameter, wie z.B. der Fahrbahndeckschichteinfluss, wurden aus Geräuschmessungen an statistischen Fahrzeugstichproben im realen Straßenverkehr abgeleitet.

Das Modell wurde ursprünglich im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt. Es wurde mit finanzieller Unterstützung der EU-Kommission und der norwegischen Pollution Control Authority erweitert und auf den neuesten Stand gebracht. In Norwegen wurde es dazu verwendet, um landesweit die Wirkungen von Minderungsmaßnahmen zu quantifizieren, die zum Erreichen politischer Minderungsvorgaben verwendet werden könnten.

Das Modell berechnet Mittelungspegel mit stündlicher Auflösung, so dass beliebige Beurteilungszeiträume ausgewertet werden können. Dabei wird berücksichtigt, dass die Fahrzeuge nachts bei geringer Verkehrsbelastung schneller und in den Spitzentunden langsamer fahren als im Durchschnitt. Es liefert zudem die quantitativen Beiträge einzelner Fahrzeugklassen zum Gesamtpegel, so dass die Auswirkungen selektiver Fahrverbote (räumlich wie zeitlich) bestimmt werden können.

Wirkungen von Maßnahmen, deren typische Fahrverläufe nicht in der Datenbasis von Tranecam enthalten sind, oder bei denen die zeitliche Auflösung von 1 Stunde nicht ausreicht, können mit dem vorgesetzten Modell Rotranomo bestimmt werden. Dies ist z.B. bei Verkehrsmanagementmaßnahmen der Fall, die auf eine Verfestigung des Verkehrsablaufs ausgerichtet sind. Rotranomo bestimmt die Geräuschemission einzelner Fahrzeuge mit sekündlicher Auflösung oder, falls erforderlich, auch höherer Auflösung. Rotranomo wurde im Rahmen eines EU-Forschungsprojekts entwickelt mit der Zielsetzung, die Ergebnisse von mikroskopischen Verkehrssimulationsmodellen um die Geräuschemission zu erweitern. Die Ergebnisse von Rotranomo für die vorstehend geschilderten Maßnahmen können dann so aufaggregiert werden, dass diese Maßnahmen in das Modell Tranecam implementiert werden können.

### 3 Das Schadstoffemissionsmodell Mobilev/Phem

Das Schadstoffemissionsmodell Mobilev ist das Pendant zum Geräuschmodell Tranecam und stand für dessen Entwicklung Pate. Es basiert auf dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes und verwendet Verkehrsstatistiken aus dem Modell Tremod. Tranecam und Mobilev sind hinsichtlich der Straßenkategorien und Fahrzeugklassen kompatibel. Mobilev berechnet ebenfalls mit stündlicher Auflösung die Emissionen limitierter Schadstoffe wie auch nicht limitierter Schadstoffe wie Lachgas und Ammoniak sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Wirkungen von Maßnahmen, deren typische Fahrverläufe nicht in der Datenbasis von Mobilev enthalten sind, können mit dem vorgesetzten Modell Phem bestimmt werden. Phem wurde vom Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der Technischen Universität Graz entwickelt und wird zur Berechnung der Emissionsfaktoren des Handbuchs verwendet.

## 4 Benötigte Eingangsdaten

Die Genauigkeit der Berechnungsergebnisse hängt von der Qualität der Eingangsdaten ab.

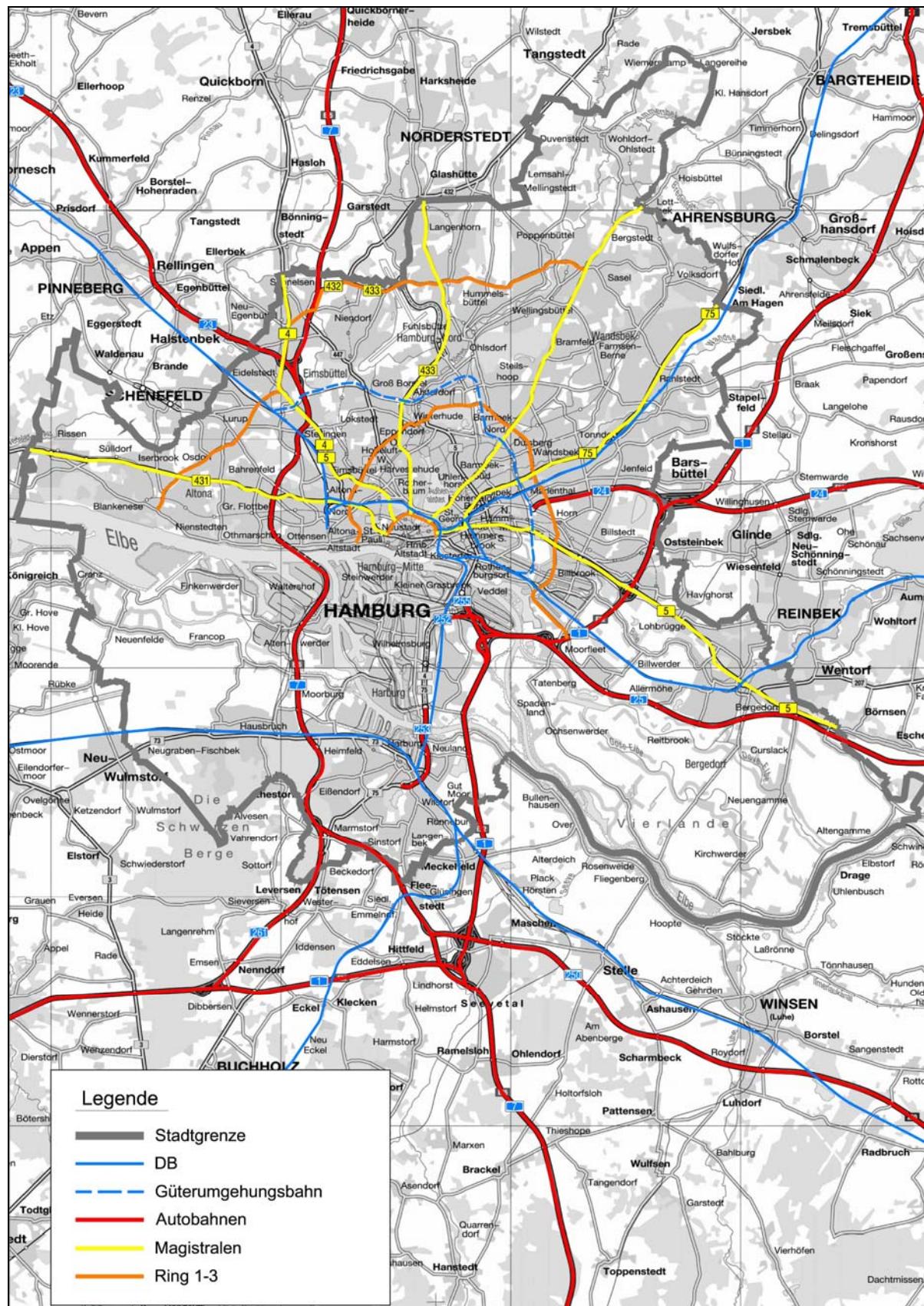
Für Tranecam/Mobilev ergeben sich folgende Abstufungen:

- DTV, Anteil Lkw, Kategorie der Straße, Kreuzungsregelungen, Anzahl Fahrstreifen sind Mindestanforderungen. Für Tagesganglinien, Aufteilung der Fahrzeuge in Größenklassen und Emissionsstufen, Anteil Lieferwagen u.ä. werden modellinterne Defaultwerte verwendet.
- Liegen Tagesganglinien vor, können diese für die Berechnung verwendet werden. Eine genauere Aufteilung der Fahrzeuge in Emissionsstufen und Größenklassen kann auf der Basis einer Auswertung von Kennzeichenerfassungen erfolgen.

Die Verwendung der Modelle Rotranomo/Phem erfordert Geschwindigkeitsverläufe mit mindestens sekündlicher Auflösung als Eingangsdaten. Diese können aus mikroskopischen Verkehrssimulationen oder aus Messungen mit im Verkehr mitschwimmenden Fahrzeugen stammen, wobei letztere eine höhere Genauigkeit aufweisen.

Die Ergebnisse aus Tranecam/Mobilev können über Schnittstellen an die Ausbreitungsmodelle etablierter Berechnungsmodelle weitergegeben werden, um Schadstoffkonzentrationen oder Lärmbelastungspegel zu bestimmen.

### Anlage 3: Verkehrsachsen des Ballungsraums Hamburg



## Anlage 4: Abschätzung der Maßnahmenwirkungen auf den Model-Split und die Geschwindigkeiten

Ansatz	Konzeptbaustein	Autobahnen		Hauptverkehrsachsen				Sonstige Hauptverkehrsstraßen	
				Magistralen		Ringe			
		DTV-Pkw	DTV-Lkw	DTV-Pkw	DTV-Lkw	DTV-Pkw	DTV-Lkw	DTV-Pkw	DTV-Lkw
Förderung des ÖPNV	Ausbau des ÖPNV	-	-	-1,5%	-	-1,5%	-	-0,5%	-
	Park & Ride								
	Bike & Ride								
	Parkraumbewirtschaftung								
	„Soft policies“								
Betriebliches Mobilitätsmanagement									
Förderung des Radverkehrs		-	-	-0,5%	-	-1,5%	-	-5,0%	-
Räumliche Verlagerung von Verkehren	Bündelung von Verkehren	-	+1,0%	-	+2,0%	-	+2,0%	-	-3,0%
	Verkehrslenkende Maßnahmen								
	Durchfahrverbote								
	Stärkung anderer Verkehrsträger	-	-2,0%	-	-2,0%	-	-	-	-
	Güterverkehrslogistik	-	+1,0%	-	-1,0%	-	-1,0%	-	-1,0%
	Neue Straßenverbindungen	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>-2,0%</b>	<b>-1,0%</b>	<b>-3,0%</b>	<b>+1,0%</b>	<b>-5,5%</b>	<b>-4,0%</b>
Verbesserung des Verkehrsflusses	Verfestigung des Verkehrsflusses	80 km/h	60 km/h	50 km/h		50 km/h		40 km/h	
	Geschwindigkeitskonzept								

