



Dr. Anton Hofreiter

Mitglied des Deutschen Bundestages

Platz der Republik 1 • 11011 Berlin • www.toni-hofreiter.de

Hintergrundinfo vom 15.12.2009

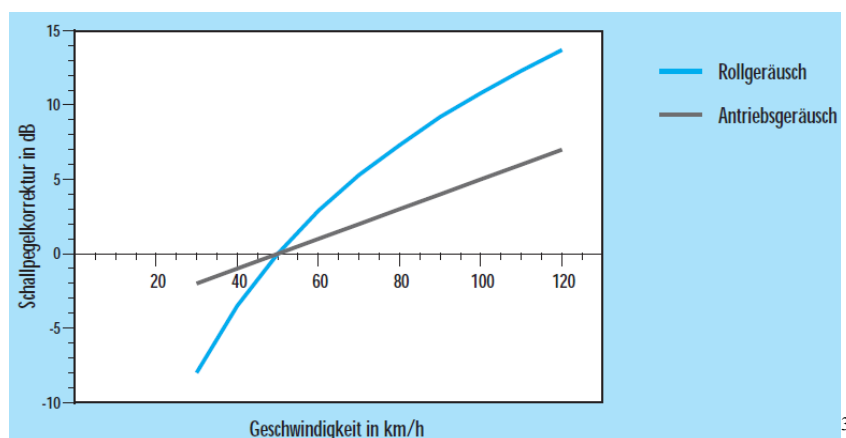
Inhalt

1. Einleitung
2. Rechtlicher Rahmen
3. Vergleich verschiedener Straßenbeläge
4. Schlussfolgerung
5. Quellen

1. Einleitung

Bei Neu- und Umbauten von Straßen ist Lärmschutz ein wichtiges kommunalpolitisches Thema. Zu juristischen Auseinandersetzungen kommt es diesbezüglich insbesondere im Rahmen von Planfeststellungsverfahren. Dieses Informationspapier gibt einen Überblick über den rechtlichen Rahmen und den aktuellen Stand der Technik in punkto Lärmindernde Fahrbahnbeläge.

Die Lärmentwicklung von Kraftfahrzeugen im Geschwindigkeitsbereich über 50 km/h wird vom Reifenfahrabahngeräusch dominiert.² Im Geschwindigkeitsbereich von unter 50 km/h herrschen Antriebsgeräusche gegenüber den Rollgeräuschen vor.



Fahrbahnlärm entsteht zunächst beim Abrollen des Reifens, da die Luft im Reifenprofil zusammengedrückt und hinter der jeweiligen Aufstandsfläche wieder entspannt wird (air-pumping). Die dabei entstehenden Geräusche sind in ihrer Intensität abhängig von der Art und vom Profil des Reifens und der Struktur der Straßenoberfläche. Eine zweite Lärmquelle sind Eigenschwingungen des Reifens die auf Unebenheiten der Fahrbahnoberfläche zurückzuführen sind. Je größer die Oberfläche strukturiert ist, desto intensiver ist die Schwingungsanregung.



Die Oberflächenstruktur und Porosität der Fahrbahndeckschicht spielen für die lärmtechnische Effizienz eine maßgebende Rolle. Eine konvexe Oberflächenstruktur (Plateau mit Schluchten) bietet den effektivsten Lärmschutz.⁴ Eine hohe Porosität der Fahrbahndecke ermöglicht es der Luft nach unten zu entweichen und lindert somit den Air-pumping-Effekt. Allerdings wirken poröse Fahrbahndecken nicht dauerhaft lärmindernd.

Optimierungen von Art und Profil der Reifen hinsichtlich Lärmschutz sind vor allem durch Anforderungen an die Verkehrssicherheit nach möglichst breiten und damit mehr Lärm erzeugenden Reifen beschränkt.⁵ Optimierungen der Fahrbahndecke scheinen somit lärmtechnisch vielversprechender als Verbesserungen bei Reifen.

2. Rechtlicher Rahmen

Am 27. August 2009 hat Bundesverkehrsminister Wolfgang Tiefensee das zweite Nationale Verkehrslärmschutzpaket der Bundesregierung vorgestellt. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung strebt dabei eine Senkung der Sanierungsgrenzwerte um 3 dB(A) an. Dem Deutschen Bundestag wird vorgeschlagen, die gesetzliche Grundlage dazu (Haushaltsgesetz) spätestens 2011 zu schaffen.⁶ Der Koalitionsvertrag der neuen schwarz-gelben Regierung sieht eine Ausweitung des Lärmschutzes vor. Ein allgemeines Tempolimit auf Autobahnen wird jedoch abgelehnt. Die Absenkung der Sanierungsgrenzwerte beim Straßenlärm um fünf Dezibel wurde aus dem Entwurf des Koalitionsvertrages gestrichen.⁷

Im Rahmen des Konjunkturpakets II stehen 2009 und 2010 Finanzmittel des Bundes und des Landes für Lärmschutzmaßnahmen an kommunalen Straßen zur Verfügung, die unter anderem für den Einbau lärmarmen Fahrbahnbeläge verwendet werden können.⁸ Für die Lärmsanierung an Straßen in kommunaler Baulast werden insgesamt 45 Mio. € bereitgestellt. Bei den Fördergrundsätzen handelt es sich um eine befristete Sonderregelung im Rahmen des Zweiten Konjunkturprogramms.⁹

Der Lärmschutz beim Neu- und Umbau einer Straße wird im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) von 1974 behandelt. Dieses wird durch umfangreiche Vorschriften konkretisiert:

- Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV
- Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90)
- 24. BImSchV Schallschutzfenster betreffend und
- Verkehrslärmschutzrichtlinien.

Nach § 50 BImSchG sollen durch stark befahrene Straßen entstehende Geräuschemissionen in Wohngebieten möglichst gering gehalten werden. In der 16. BImSchV sind Immissionsgrenzwerte zur Lärmvorsorge aufgeführt, die beim Neubau einer Straße nicht überschritten werden dürfen.¹⁰ An bestehenden Straßen besteht grundsätzlich kein Rechtsanspruch auf Lärmschutzmaßnahmen. Maßnahmen können hier als freiwillige Leistung durchgeführt werden. Für die Lärmsanierung an zu lauten Bundesfernstraßen und Staatsstraßen bestehen Programme des Bundes für bauliche Sanierung. In Abhängigkeit von der Haushaltslage werden neue Schallschutzfenster gefördert, wenn bestimmte Immissionsgrenzwerte überschritten sind. Die Immissionsgrenzwerte für die Lärmsanierung sind wesentlich höher als diejenigen für den Straßenneubau. Sie liegen bei 11 dB(A) in Wohngebieten und 8 dB(A) in Mischgebieten.



3. Vergleich verschiedener Straßenbeläge

Die längste Erfahrung wurde bisher mit dem Einbau von offenporigem Asphalt gemacht, sogenanntem Flüsterasphalt. Da durch Verstopfung der Poren die lärmindernde Wirkung bereits nach kurzer Zeit verpufft, wird nach Verbesserungen des offenporigen Asphalts oder nach Alternativen gesucht. Im Folgenden sind Vor- und Nachteile verschiedener Straßenbeläge aufgelistet.

Offenporiger Asphalt („Flüsterasphalt“ Ein-/Zweilagig)	
Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> - Werden in der Bundesrepublik seit 1986 systematisch erprobt und vor allem auf schnell befahrenen Straßen eingesetzt. Der Einsatz von offenporigen Asphaltdeckschichten hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Im ARS III wird bereits von Decken der 3. Generation gesprochen, denen eine bessere akustische Wirksamkeit zugetraut wird.¹¹ - Weiterentwicklung in den Niederlanden als doppelagige Asphalttschicht, die sich nun auch in Deutschland in Erprobung findet. - Erfahrungen mit einlagigem OPA auf Gussasphalt in Nordrhein-Westfalen (BAB 40 Essen-Holsterhausen, BAB 3 Kölner Ring) und Bayern (A9 Bindlacher Berg). - Außerorts Erfahrungen mit zweilagigem OPA in Bayern (BAB9 Eching/Garching) und Niedersachsen (BAB 30 Osnabrück). - In Ingolstadt und Augsburg Anwendung innerorts.
Beschreibung	Die Zusammensetzung zeichnet sich durch ihren hohen Anteil von groben Gesteinskörnungen aus, was große zusammenhängende Hohlräume zur Folge hat. Durch diese Hohlräume kann Regenwasser nach unten abgeleitet werden und außerdem der Schall der Fahrgeräusche absorbiert und seine Entstehung teils verhindert werden.
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - Verringerte Sprühhahnenbildung und Blendwirkung. - Herabgesetzte Gefahr von Aquaplaning. - Hohe Standfestigkeit. - Ebenflächigkeit und Griffigkeit.¹² - Winterdienst von den Autobahnmeistereien gut zu bewältigen, da Glatteisbildung nur selten auftritt.
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Poren können nach einiger Zeit verstopfen, wodurch der Effekt der Geräuschminderung nachlässt. Die Verstopfung von Poren wird durch höhere Fahrgeschwindigkeiten verlangsamt. - Einsatz von offenporigem Asphalt auf Straßen mit innerörtlichem Charakter generell nicht empfohlen, da kein dauerhafter und wirtschaftlich vertretbarer Beitrag zur Lärminderung erreicht wird. - Hohe Herstellungskosten, u.a. verursacht durch die aufwändige Abdichtung der Unterlage und die Anpassung der Entwässerungseinrichtungen. Bis zu vier mal teurer als herkömmlicher Asphalt.¹³ - Durch die verkürzte Nutzungsdauer des OPA sind Erneuerungsmaßnahmen bereits nach 10 - 12 Jahren notwendig.¹⁴ - Entwässerung und Winterdienst schwieriger als bei herkömmlichen Belägen. - Geringe Wirkungs- und Nutzungsdauer von 6-10 Jahren. - Anfälligkeit auf Schub- und Scherkräfte. - Bedenken bezüglich Verkehrssicherheit aufgrund schwacher Griffigkeit.
Kosten	10 €/m ² für einlagige und 12 €/m ² für zweilagige Deckschicht. ¹⁵ Auch




	Kosten von 4 – 6 €/m ² bei Einbaudicke von 2,5 - 3 cm werden genannt. ¹⁶
Lärmminderung	Lärmminderung von ca. 7dB(A) ¹⁷ bei Einbau einer zweischichtigen offenporigen Asphaltdeckschicht. ¹⁸

De Wassende Weg	
	19
Anwendungen	Anwendung in Rotterdam und Amsterdam seit September 2009.
Beschreibung	Reservoir unter der Straßendecke sammelt Regenwasser von Hausdächern, das ein Netz von Leitungen unter dem Asphalt verteilt. Offenporige Asphaltdeckschicht wird durch Pumpen mit diesem Regenwasser von einer Seite aus bewässert. Wasser wird durch fahrende Autos aufgewirbelt und fängt Feinstaub ein. Wasser fließt dann zum anderen Straßenrand ab und wird in Kanalisation abgeführt. Bitumendecke wird als Unterschicht verwendet und verhindert Durchsickern des Wassers.
Vorteile	- Feinstaub wird eingefangen („Straße wäscht Luft“).
Nachteile	- Angeblich nicht gut für Kurven geeignet. ²⁰ - Nicht für Außerorts geeignet sondern nur für Straßen mit bis zu 50 km/h Geschwindigkeitsbegrenzung. - Haltbarkeit noch nicht erforscht. - Auswirkungen auf Frostschutz und Streudienst ungeklärt. - In trockenen Zeiten kann sich das Wasserreservoir leeren.
Kosten	Angeblich nicht viel teurer als gewöhnlicher Asphalt, sofern für Bitumendecke überschüssige Dachplatten verwendet werden.
Lärmminderung	Lärmminderung von 3 Dezibel erwartet. ²¹

Splittmastixasphalt	
Anwendungen	<i>Ende der 60er Jahre erstmals in Deutschland gebaut, ab 1968 als „Kieler Mischgut“ vor allem in Norddeutschland verwendet.²² In Österreich (A 8 Innkreis Autobahn im Bereich - Pichl, Weibern, Ort, Pram), Bayern (BAB 39 Schwandorf, BAB 3, BAB 73), Baden-Württemberg (B10 / B27 S-Zuffenhausen), Nordrhein-Westfalen (B56 Düren, BAB43) in Anwendung. Als SMA 0/5 Plus in München (Leopoldstraße) in Verwendung. Als Lärmoptimierende Asphaltenschicht (LOA 5D) in Düsseldorf (Mecumstr. und Kennedydamm) in Erprobung. Auch als Porous Mastix Asphalt PMA 5 in NRW im Einsatz.</i>
Beschreibung	<i>Fahrbahnbitumenbelag mit Granulat aus modifizierten Cellulosefasern welche die Asphaltmischung stabilisieren. Mischgut besteht vorwiegend aus Mastix und Splitt. Hohlräume machen ca. 10-15% des Volumens aus. Eine Reduzierung der Reifen-Fahrbahn-</i>



	<i>Geräusche soll durch eine konkave Oberflächengestalt erreicht werden.</i>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - Überwiegend für Schnellstraßen geeignet. - Höhere Verformungsbeständigkeit. - Sehr hohe Lebensdauer. - Hohe Griffigkeit dank der splittreichen, offenen Oberflächenstruktur.
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Regenfällen auf eine unterkühlte Fahrbahn ist bei Splittmastixasphaltbelägen Glatteisbildung nicht auszuschließen. - Eventuelle Entwässerungsproblematik. - LOA 5D nur für Straßen mit vorwiegendem PKW-Verkehr geeignet.
Kosten	LOA 5D nicht viel teurer als herkömmlicher Belag (18 anstatt 17 €/m ² laut Grüne im Landtag (2009)). ²³ Bei LOA 5D laut Bayerischem Staatsministerium Kosten von nur 10 €/m ² . SMA-LA koste sogar nur 5€/m ² . ²⁴
Lärmminderung	3-4 dB(A) Lärmminderung ²⁵ , 5,1 dB(A) bei LOA 5D.

Porous Elastic Rubber Surface	
	
Anwendungen	Fahrbahnbelag im Forschungsstadium. Erprobung in Schweden seit den 1970er Jahren und in den letzten Jahren in Japan. ²⁷ In Europa gibt es vier Teststrecken, drei in den Niederlanden, eine innerorts in Schweden.
Beschreibung	PERS-Straßenbeläge werden aus altem Gummi (z.B. aus Altreifen) hergestellt und enthalten kein Steinmaterial. Hohlraumgehalt von 33-38%.
Vorteile	- Anwendung auch innerorts möglich.
Nachteile	- Probleme mit der baulichen Haltbarkeit sind beim schwedischen Versuch aufgetreten. Asphaltunterdecke löste sich von darunter liegenden Binderschicht.
Kosten	Produzenten nennen Kosten von 1.4 Millionen £ pro Meile im Vergleich zu gewöhnlichen 20 Millionen £. Das Autobahnamt bestreitet diese Zahlen. ²⁸
Lärmminderung	Minderung um 9-12 dB(A) gegenüber Asphaltbeton in Schweden innerorts gemessen. Bei Autobahnen wird Lärmminderung von bis zu 10dB(A) erwartet.



Dünne Schicht im Heißeinbau (DSH-V)	
Anwendungen	Wird seit 1991 in Deutschland angewendet. Erprobung z.B. in Berlin-Reinickendorf seit 2005, München seit 2009 (Moosacher Straße, Fürstenrieder Straße, Chiemgaustraße).
Beschreibung	Eine 20-30 mm dünne Bitumen-Deckschicht mit Hohlraumgehalt von 10-15% wird heiß auf den eigentlichen Asphalt-Unterbau aufgetragen und versiegelt diesen gegen eindringendes Wasser.
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - Lärminderung durch Schallabsorption und Ebenheit des Belages. - Deckschicht verschleißt zwar auch mit den Jahren, kann aber erneuert werden, solange die Tragschicht darunter noch in gutem Zustand ist. - Zunächst teurere Technik soll langfristig günstiger als der klassische Flüsterasphalt sein.
Nachteile	- Längere Bauzeit, da nach dem Asphaltieren auch die heiße Schicht erst völlig auskühlen muss, bevor die Straße befahren werden kann.
Kosten	3 €/m ² . ²⁹
Lärminderung	Lärminderung von 5 - 7 Dezibel gemessen auf Straßen mit bis zu 80 km/h Geschwindigkeitsbeschränkung. Eine andere Quelle nennt 4 Dezibel. ³⁰

Waschbeton	
Anwendungen	In Bau in Brandenburg, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz (BAB 10 Autobahndreieck Nuthetal, BAB 11 und B12).
Beschreibung	Waschbeton wird in Form von Betonplatten eingebaut. Gesteinskörnung wird durch Oberflächenbehandlung freigelegt.
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - Kompromiss aus einer lärmarmen und verkehrssicheren Bauweise. - Bautechnische Liegezeiten von 30 Jahren und länger sind die Regel. - Geringe Unterhaltungskosten. - Gutes Entwässerungsverhalten.
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Schnell nachlassende Griffigkeitswerte. Polierresistenz der einzelnen Gesteinskörner sollte gegeben sein. - Nicht für Innerorts geeignet.
Kosten	Wettbewerbsfähige Herstellungskosten und geringe Erhaltungskosten.
Lärminderung	Korrekturwert von ca. 2 dB(A) in Nordrhein-Westfalen gemessen.

4. Schlussfolgerung

In diesem Infopapier wurde eine Übersicht zu lärmindernden Fahrbahnbelägen erstellt. Bund, Länder und Kommunen wenden sich angesichts offensichtlicher Nachteile des Flüsterasphalts zunehmend neuartigen Alternativen im Straßenbau zu. Die für kommunale Straßenbauten vorgesehenen Mittel aus dem Konjunkturpaket II könnten für die Erprobung dieser neuartigen Alternativen eingesetzt werden. Für kommunalen Straßenbau innerorts bieten sich mit der Porous Elastic Rubber Surface und dem niederländischen „Wassenden Weg“ zwei interessante neue Alternativen zum herkömmlichen Flüsterasphalt. Auch die bewährten Dünnen Schichten im Heißeinbau bieten Potenziale zur Lärminderung auf Innerortsstrecken. Für Schnellstraßen sind akustisch hochwirksame, zweilagige offenporige Asphalte, Waschbeton und Splittmastixasphalte



wie der in Düsseldorf in Erprobung stehende LOA 5D oder SMA-LA eine geeignete Alternative zu Flüsterasphalt. Aufgrund der Dominanz von Rollgeräuschen über Motorgeräusche bei Geschwindigkeiten über 50 km/h haben lärmarme Fahrbahnbeläge außerorts mehr Potenzial zur Lärmpegelsenkung als innerorts. Es besteht weiterhin Erprobungs- und Verbesserungsbedarf um Lärminderungspotenziale insbesondere Innerorts besser zu dokumentieren und zu erweitern.

Die vorgestellten neuartigen Straßenbeläge sind zwar teurer als herkömmliche Beläge, allerdings stehen den zusätzlichen Kosten unbestrittene Gewinne durch Lärminderungen gegenüber. Für viele Straßenbauvorhaben überwiegen die Gewinne, sofern Lärminderungen in der Kosten-Nutzen-Analyse richtig honoriert werden. Neuartige lärmmindernde Fahrbahnbeläge sind demnach in vielen Fällen empfehlenswert.

5. Quellen

- Angst, C. (2000), 20 Jahre Splittmastixasphalt in der Schweiz, IMP Bautest AG,
http://www.impbautest.ch/de/pdf-files/publikationen/Artikel_strasseverkehr_%20SMA2000.pdf
- ASFINAG (2009), Stellungnahme der ASFINAG zur Kundgebung auf der A 8 22.- 25. Juni 2009,
<http://www.asfinag.at/index.php?module=Pagesetter&func=viewpub&tid=322&pid=97&idtopic=33>
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009a), Straßenbau – Es geht auch leiser,
http://www.lfu.bayern.de/laerm/fachinformationen/strassen_schienerverkehrslaerm/strassenbau/index.htm
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009b), Lärminderung an der Straße durch offenporigem Asphalt (OPA), http://www.lfu.bayern.de/laerm/forschung_und_projekte/opa/index.htm
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2009a), Grundsätze für die Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an Straßen in der Baulast der Kommunen nach dem Zukunftsinvestitionsgesetz (ZuInvG),
<http://www.stmug.bayern.de/umwelt/laermschutz/foerderung/index.htm>
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2009b), Kriterien für aktive Lärminderungsmaßnahmen,
<http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/laermschutz/foerderung/doc/anhange2.pdf>
- BBC (2009), Rubber highway to beat congestion,
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/5034912.stm>
- Egli, W. (1996), Lärmschutz an der Quelle: Leise Hoffnung mit leisen Strassenbelägen, UMWELTPRAXIS Nr. 8 / März 1996, Seite 35, <http://www.laerm.zh.ch/fals/3-wissen/publikationen/pdf/Strassenbelaege.pdf>
- Focus (2009), Straße wäscht die Luft, http://www.focus.de/wissen/wissenschaft/technik/feinstaub-strasse-waescht-die-luft_aid_452068.html
- Gärtner, K. (n.a.), Offenporige Asphaltdeckschichten – Erfahrungen der Autobahndirektion Nordbayern bei Betrieb und Unterhaltung, <http://www.vsvi-bayern.de/documents/FachbeitragUnterhaltung-Gaertner.pdf>
- Grüne im Landtag NRW (2009a), Lärmarme Fahrbahnbeläge, April 2009,
http://www.gruene.landtag.nrw.de/cms/default/dokbin/278/278398.laermmindernde_fahrbahnbelaege.pdf
- Grüne im Landtag NRW (2009b), Lärmarme Fahrbahnbeläge / 2. Nationales



Verkehrslärmschutzpaket, Kommunalinfo Oktober 2009,
http://www.gruene.landtag.nrw.de/cms/default/dokbin/307/307794.laermarme_strassenbelaege_2_nationales_1.pdf

Haas, E. (n.a.), SMA 0/5 Plus - Ein Splittmastixasphalt zur Minderung der Rollgeräusche,
<http://www.trinidad-lake-asphalt.de/UserFiles/File/08-Praxis/Laermmindernde-Belaege/SMA-0-5-plus.pdf>

Haider, M., Steigenberger, J. (2007), Akustisches Langzeitverhalten von Waschbetonoberflächen ,
Aktuelles zum Thema Betonstraßen, Januar 2007,
http://www.beton.org/fileadmin/imagepool/fachinformationen/update_1_07_D.pdf

KOMIMO (2009), De Wassende Weg maakt Rotterdam stiller en schoner, September 2009,
<http://www.komimo.be/content/de-wassende-weg-maakt-rotterdam-stiller-en-schoner>

Kühne, R. (2003), Neue Straßenbeläge mindern Straßenlärm,
<http://www.lfu.bayern.de/laerm/fachinformationen/doc/strassenbelaege.pdf>

Landesbetrieb Straßenbau NRW (2009), Lärmarme Fahrbahnbeläge für den kommunalen
Straßenbau, August 2009,
http://www.strassen.nrw.de/_down/laermarme_fahrbahnbelaege.pdf

SPD Bundestagsfraktion (2009), Bewertung Koalitionsvertrag: Verkehr, Bau und Stadtentwicklung,
http://www.spdfraktion.de/cnt/rs/rs_dok/0,,49003,00.html

Umweltbundesamt (2009), Lärm mindernde Fahrbahnbeläge – Ein Überblick über den Stand der
Technik, Publikation 28/2009, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3841.pdf>

Wir werden das Thema in jedem Fall weiter begleiten!

Stand: 15. Dezember 2009

Andreas Schröder



- 2 Haider, M., Steigenberger, J. (2007)
- 3 Egli, W. (1996)
- 4 Landesbetrieb Straßenbau NRW (2009)
- 5 Haas, E. (n.a.). Hinzu kommt, dass EU-Grenzwerte für Reifen seit dem Jahr 2003 relativ großzügig sind, so dass in diesem Bereich keine nennenswerten Beiträge zum Lärmschutz zu erwarten sind.
- 6 Grüne im Landtag NRW (2009b)
- 7 SPD Bundestagsfraktion (2009)
- 8 Nach dem Gesetz zur Umsetzung von Zukunftsinvestitionen der Kommunen und der Länder- Zukunftsinvestitionsgesetz (ZuInvG) ist einer der Förderbereiche die Lärmsanierung kommunaler Straßen (§3, Abs. 1, Satz 1, Nr. 2d, ZuInvG).
- 9 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2009a)
- 10 Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009a)
- 11 Kühne, R. (2003)
- 12 Gärtner, K. (n.a.)
- 13 Landesbetrieb Straßenbau NRW (2009)
- 14 Gärtner, K. (n.a.)
- 15 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2009b)
- 16 Landesbetrieb Straßenbau NRW (2009)
- 17 Die dB-Skala ist logarithmisch aufgebaut, d.h. eine Verdoppelung der Lärmquellen führt zu einer Erhöhung um 3 dB. Das menschliche Ohr empfindet eine Erhöhung um 6 dB als Verdoppelung der Lautstärke, wenn sich der Schalldruck vervierfacht hat.
- 18 Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009b)
- 19 KOMIMO (2009)
- 20 Focus (2009)
- 21 KOMIMO (2009)
- 22 Angst, C. (2000)
- 23 Grüne im Landtag NRW (2009a)
- 24 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2009b)
- 25 ASFINAG (2009)
- 26 Bendtsen et al. (2005) in Umweltbundesamt (2009)
- 27 Umweltbundesamt (2009)
- 28 BBC (2009)
- 29 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2009b)
- 30 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2009b)