

Neuartige Straßenbeläge mindern Straßenlärm

1 Problemstellung

„Für die Fahrbahn ist ein lärmmindernder Belag gemäß Allgemeinem Rundschreiben Straßenbau Nr. 14/1991 entsprechend einer Korrektur $D_{\text{StrO}} = -2 \text{ dB(A)}$ vorgesehen. Das Landesamt für Umweltschutz hat vorgeschlagen, im Bereich zwischen Bau- km 49 und 52.56 eine offenporige Fahrbahndecke mit einer weitergehenden Lärminderung entsprechend einer Korrektur von $D_{\text{StrO}} = -5 \text{ dB(A)}$ einzubauen. Gegen diesen Vorschlag spricht hingegen, dass die lärmmindernde Wirkungen der offenporigen Asphaltdeckschichten des sogenannten „Flüsterasphalts“ noch nicht abschließend erprobt und untersucht sind. Bei diesen offenporigen Asphaltdeckschichten handelt es sich derzeit um keine anerkannte Regelbauweise. Die akustische Haltbarkeit dieser Beläge ist nach derzeitigem Erkenntnisstand wesentlich kürzer als bei dem vom Straßenbaulastträger vorgeschlagenen Belag. Der vom Landesamt für Umweltschutz favorisierte Belag erscheint daher für einen nachhaltigen Lärmschutz nicht gleichermaßen geeignet.“ Zitat aus einem Planfeststellungsbeschluss der Regierung von Schwaben vom 11. Juni 2002 für den sechsstreifigen Ausbau der BAB A8 im Bereich Derching bis westlich der Lechbrücke [1]. Es folgen Ausführungen über den höheren Winterdienst, über vermehrte Unfälle, über teurere Unterhaltung, und über geringere akustische und mechanische Haltbarkeit. Die Regierung von Schwaben kommt daher zu folgendem Schluss: „Bei Abwägung der Vor- und Nachteile der vorgeschlagenen offenporigen Asphaltdecke gegenüber dem herkömmlichen Belag überwiegen jedenfalls beim derzeitigen Stand der Technik die Vorteile des vom Vorhabensträger vorgeschlagenen herkömmlichen Verfahrens. Daher ist nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde dem Einbau eines herkömmlichen Belags der Vorzug zu geben.“ Vorgesehen ist Splittmastix als ein „lärmmindernder Belag“.

Dies ist nur ein Beispiel aus jüngster Zeit.

Das LfU wird seit 30 Jahren im Rahmen von Planfeststellungsverfahren als Träger öffentlicher Belange regelmäßig beteiligt. Seit Anfang an liegt der Schwerpunkt der Anregungen bei der Minimierung von Lärmmissionen durch Verringerung der Lärmmissionen. Das LfU war, um technologisch als Gutachter auf dem neuesten Stand zu sein, folgerichtig auch in den Ausschüssen über Lärminderung im Straßenbau vertreten. Aus dieser Position heraus entstanden und entstehen die regelmäßigen Forderungen zum Einbau lärmarmer Straßenoberflächen.

Verwaltungsrechtlichen Rückhalt gibt uns seit über 10 Jahren das „Allgemeine Rundschreiben Straßenbau Nr. 14/1991“ des Bundesministers für Verkehr (BMV) vom 25.4.1991 [2], das als Ergänzung zur 16. BImSchV [3] veröffentlicht wurde.

Hier heißt es u.a.: „Inzwischen sind auf dem Gebiet der lärmmindernden Straßenoberflächenausführungen weitere Verbesserungen erreicht worden, die eine stärkere Differenzierung (der Tabelle B der 16. BImSchV) rechtfertigen. ... Danach sind die nachstehend genannten Bauweisen weitere Beispiele zur Fußnote der Tabelle B:

Nr. 3 Asphaltbetone $\leq 0/11$ und Splittmastixasphalte $0/8$ und $0/11$ ohne Absplittung $D_{\text{StrO}} = -2,0 \text{ dB(A)}$

Nr. 4 Offenporige Asphaltdeckschichten, die im Neuzustand einen Hohlraumgehalt $\leq 15 \%$ aufweisen mit Kornaufbau $0/8$ $D_{\text{StrO}} = -5,0 \text{ dB(A)}$ “.

Das LfU fordert demgemäß dort, wo es sinnvoll ist, den Einbau eines offenporigen Asphaltbelages, denn nur mit dieser Straßenoberfläche erzielt man deutliche Pegelminderungen, dies in Übereinstimmung mit der Bauverwaltung, die immer wieder betont, dass erst eine Pegeländerung von 3 dB(A) gerade wahrnehmbar sei.

Rainer Kühne

Tel.: 0821/9071-5214,

rainer.kuehne@lfu.bayern.de

Aufgrund des o.g. Rundschreibens des seinerzeitigen BMV erscheint die Feststellung z.B. hier der Regierung von Schwaben, dass es sich um keine anerkannte Regelbauweise handelt, schwer nachvollziehbar.

2 Offenporige Asphaltdeckschichten (OPA)

Die offenporigen Asphaltdeckschichten werden in der Bundesrepublik Deutschland seit 1986 systematisch erprobt [4]. Die Projektgruppe „Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen“ der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) hat 1996 ihre Arbeit beendet; Weiterentwicklungen werden von dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) sowie der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) natürlich verfolgt bzw. in Auftrag gegeben [5], [6]. So wird in einem neueren „Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr.5/2002“ vom 26.3.2002 [7] bereits von Decken der 3. Generation gesprochen, denen eine bessere Anfangsminderung und eine längere akustische Wirksamkeit zuge-
traut wird („erwarten lassen“). Derartige Decken baut die Autobahndirektion in Nordbayern bereits ein.

Nicht aufgehoben wurde jedoch im o.a. Rundschreiben die Randbedingung, dass die angeführten Korrekturwerte D_{StrO} nur für Außerortsstraßen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten > 60 km/h gelten. Im Innerortsbereich dürfen demnach die lärm mindernden Deckschichten nicht verwendet werden.

Dies beruht auch auf Erkenntnissen der Untergruppe zur o.g. Projektgruppe „Lärm mindernde Straßendecken in bebauten Gebieten“ [8]. Sie kam zu dem Schluss, dass offenporige Deckschichten im Innerortsbereich „keinen dauerhaften und wirtschaftlich vertretbaren Beitrag zur Lärm minderung leisten können“. Die weitere Erprobung derartiger Beläge wurde als gescheitert erklärt. Die Arbeiten der Untergruppe wurden mit dem Abschlussbericht 1999 eingestellt.

Die Anregung des LfU, aufgrund der Erfahrungen im Ausland (insbes. den Niederlanden) mit Weiterentwicklungen wie dem „Doppellagigen offenporigen Asphalt“ die Arbeitsgruppe neu aufleben zu lassen, wurde nicht aufgegriffen.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen beendet hingegen ihr im o.a. Allgemeinen Rundschreiben vom 26.3.2002 beigefügten Statuspapier mit dem Ausblick, dass „eine neuartige Konzeption mit einem zweilagigen Aufbau der Deckschicht sich in Erprobung“ befinde. Aus dem Kontext ist allerdings zu

entnehmen, dass es sich weiterhin um Außerortsstrecken handeln wird, so auch Ripke in [9] und Schäfer in [10].

Da die meisten vom Straßenlärm Betroffenen aber innerorts wohnen, Schallschutzfenster jedoch nur eine Notlösung darstellen, ist eine Reduzierung des Straßenverkehrslärmpegels von höchster Priorität, siehe hierzu auch die am 18.07.2002 in Kraft getretene Umgebungslärm-Richtlinie der EU [11]. Aufgrund der vorhandenen nationalen Richtlinien ist es dem LfU verwehrt, innerorts ebenfalls lärm mindernde Straßenoberflächen, wie den erwähnten „Doppellagigen offenporigen Asphalt“, zu fordern. Es handelt sich bei derartigen Belägen derzeit tatsächlich noch um sog. Sonderbauweisen. Eine „dauerhafte Lärm minderung“ gemäß der Fußnote zur Tabelle B der 16.BImSchV ist in Deutschland offiziell nicht nachgewiesen. Die lärm mindernde Wirkung müsste aber z.B. im Rahmen einer Planfeststellung oder eines Bebauungsplanverfahrens zugesichert werden. Dies könnte derzeit nur mit einem Sondergutachten und nur im Einzelfall geschehen. Da im Gebiet des Freistaates Bayern mehrere Kommunen großes Interesse an einem derartig innovativen Produkt zeigen, wäre das LfU bereit, die lärm mindernde Wirkung durch kontinuierliche Messungen zu begleiten. Hierbei werden natürlich nur die akustischen Eigenschaften der Straße vermessen, keinesfalls sollen wegen der nicht in den Griff zu bekommenden Vielzahl von weiteren Parametern Immissionsmessungen durchgeführt werden.

Der Freistaat Bayern – vertreten durch das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen – möchte diese Projekte vorantreiben und unterstützt die interessierten Kommunen zumindest durch Beratung, im Einzelfall auch durch finanzielle Förderung.

3 Messverfahren

Bisher gibt es grundsätzlich drei Methoden zur Beurteilung des Lärmverhaltens von Straßendecken [12]:

- die „kontrollierte Vorbeifahrtmethode“ (Fernfeldmessverfahren): hier wird der Vorbeifahrtpegel in 7,5 m Entfernung einer begrenzten Zahl von Pkw auf einer gesperrten oder bedingt unter Verkehr befindlichen Straße gemessen. Der Vorteil liegt in den genau definierten Verhältnissen.
- die „statistische Vorbeifahrtmethode“ (Fernfeldmessverfahren): hier werden die Vorbeifahrtpegel von einzelnen Pkw und Lkw im fließenden Verkehr gemessen. Dabei werden so viele Fahrzeuge

erfasst, dass der Mittelwert ausreichend statistisch abgesichert ist. Der Vorteil liegt in den realen Bedingungen.

- die Messung mit dem „Schallmessanhänger“ (Nahfeldmessverfahren): hier werden in einem Anhänger die Rollgeräusche eines oder bis zu vier frei rollender Pkw-Reifen in unmittelbarer Nähe des Reifens erfasst (Anhänger messmethode). Der Vorteil liegt in der Überprüfung der Homogenität einer Strecke.

Die Verfahren wurden international genormt (ISO 11819 „Acoustics – Measurement of influence of road surfaces on traffic noise“, mehrere Teile) bzw. befinden sich in der Normung. Der Teil 1 „Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgereusche – Statistisches Vorbeifahrtverfahren“ liegt seit kurzem auch in deutscher Fassung vor [13].

Bei den Vorbeifahrtmethoden fließt die Schallausbreitung mit ein; damit sind Rückschlüsse auf die Immissionen möglich. Der sich manchmal eher zufällig ergebende Messort kann aber einen Einfluss haben. Das Messmikrofon ist an einen Messquerschnitt fixiert, so dass nur ein sehr kurzes Stück der zu untersuchenden Straßenoberfläche erfasst wird. Reflexionen an Leitplanken, Lärmschutzwänden, Fahrzeugaufbauten oder Hausfassaden können nicht immer vermieden werden und somit das Ergebnis verfälschen. Die Homogenität einer Decke über eine längere Strecke kann hingegen nur mit der vergleichsweise unsicheren Anhänger messung erfasst werden. Unterschiedliche Konstruktionen liefern nicht vergleichbare Werte.

Alle Methoden sind nicht austauschbar und mit Unsicherheiten behaftet. Ein Vergleich von Rollgeräuschmessungen im Nahfeld mit den Messungen in 7,5 m Entfernung weist Differenzen bis zu $\pm 2,8$ dB(A) auf, bei offenporigen Oberflächen ist ein Rückschluss nahezu unmöglich [14]. Problematischer ist zudem, dass die Anhänger selbst noch nicht genormt sind. Vor diesem Hintergrund erscheint es nachvollziehbar, dass man sich bislang nicht zu verpflichtenden Abnahme- oder Zustandserfassungsmessungen entschlossen hat.

Straßenunebenheiten spiegeln sich auch innerhalb des Reifentorus wider. Dort herrscht ein Lärmpegel von 130 – 140 dB(A). Das Texturspektrum der Straßenoberfläche erzeugt ein Körperschallspektrum des Reifens, das nach Innen und Außen als Luftschallspektrum abgestrahlt wird. Mit der Messung innerhalb des Reifentorus eröffnet

sich ein neues Messverfahren mit wesentlich erhöhter Genauigkeit, das alle Vorteile der Anhänger messmethode beinhaltet [15]. Mit diesem „Torusmessgerät“ lassen sich akustische Qualitätskontrollen von Straßen decken mit hoher Aussagegenauigkeit durchführen.

Das Messverfahren befindet sich noch in der abschließenden Entwicklung und wird wohl in die Normenreihe einbezogen werden.

4 Akustische Qualitätssicherung

Messungen der akustischen Eigenschaften einer Straßenoberfläche sind also möglich. Sie drängen sich auch aus anderen Gründen auf.

Wenn nämlich eine Straßendeckschicht nach einer Regelbauweise erstellt wird, wird ihr ein – auf Zehntel (!) dB genauer [2] – akustischer „Korrekturwert“ zugeordnet, z.B. – 2,0 dB(A) für Splittmastix. Dieser Wert wird vor Ort nicht überprüft – eine akustische Abnahme erfolgt nicht. Die tatsächliche Textur, die Mischgutzusammensetzung, die Gesteinsauswahl oder auch der Hohlraumgehalt haben jedoch – wie man weiß – einen Einfluss auf die akustischen Eigenschaften einer Deckschicht und ihre Haltbarkeit. Besonders unangenehm sind die Unwägbarkeiten beim Einbau.

Besitzt die fertige Straße wirklich die vorausgesetzten Eigenschaften?

Die tatsächliche akustische Qualität kann nur bewertet werden, wenn sie messtechnisch überprüft werden. Die akustische Qualität einer Straße wird nicht allein in der Endfertigung bestimmt, sondern in allen Phasen des Produktes Straße. Bei jedem Bearbeitungsschritt besteht das Risiko, dass Fehler auftreten. Das ist vorsichtig ausgedrückt. Man kann es auch deutlicher sagen, was man manchmal vor Ort antrifft:

Schlamperei, Inkompetenz, nicht eingespielte Mannschaften, mangelhaft ausgebildete und wenig motivierte Arbeiter.

In solchen Fällen ist mit unmittelbarer oder mittelbarer Qualitätseinbuße zu rechnen. Aber auch ein unausgereiftes Merkblatt zum Einbau führt zu Abweichungen von den Erwartungen.

Ständiger mangelhafter Einbau kann den Ruf gerade innovativer Oberflächentypen ruinieren. Darunter müssen z.B. offenporige Deckschichten leiden. Ist aber eine Straße erst einmal eingebaut, lassen sich Mängel kaum mehr beseitigen. Dazu kommt, dass Mängel, die „nur“ den Lärm ansteigen lassen, wohl nicht so richtig ernst genommen werden.

Eine Qualitätssicherung muss bereits zu Beginn des Projektes einsetzen, z.B. bei der Eignungsprüfung des Materials; es muss eine qualifizierte Güteüberwachung und Eigenüberwachung stattfinden. Es darf nicht sein, dass Abweichungen von den Vorgaben ignoriert oder in Kauf genommen werden [16]. Größte Sorgfalt ist z.B. bei der Bedienung des Fertigers und der Walzen zu beachten, so verursachen kurze Stöße mit dem Beschicker-LKW nicht mehr gut zu machende Längsunebenheiten, ebenso ein Unterbrechen des Fertigers oder der Walze, warum auch immer. Auch der technische Zustand der Maschinen ist nicht immer zufriedenstellend.

Und schließlich müssen die Asphaltsschichten vor der Verkehrsfreigabe ausreichend auskühlen; sonst werden Verformungen eingepreßt, die die vorhergehende Sorgfalt in kurzer Zeit zunichte machen und die die akustischen Eigenschaften der Oberfläche gravierend verändern.

Bei einer umfangreichen und teuren Maßnahme, wie dem Bau einer Straße, sollte es selbstverständlich sein, dass der Baulastträger darüber wacht, ob alle Tätigkeiten so ausgeführt werden, wie die festgelegten Anforderungen es verlangen.

Die Folge von Einbaufehlern bedeutet, dass im Einzelfall die unter Idealbedingungen gewonnenen „Mittelwerte“ nach der Tabelle B der 16. BImSchV oder der RLS-90 erheblich überschritten werden können. Das heißt, dass bereits eine neue Decke nicht die akustischen Eigenschaften aufweist, die ihr zugesprochen werden. Es sind aber gerade diese Werte, mit denen die Lärmbetroffenheit ermittelt wird. Ebenso werden Schallschutzanlagen mit den schematischen zehntel-dB-genauen Korrekturwerten zentimetergenau berechnet.

5 Akustische Bestandskontrolle

Nicht nur Menschen, auch Straßen altern, bekommen Falten, es bilden sich Spurrinnen und Längsunebenheiten, es entstehen Riss- und Flickstellen. Während Menschen im Alter eher etwas leiser treten, werden Straßen infolge des Verschleißes irgendwann lauter, dies wird ebenfalls nicht überprüft. Ein schlechter Fahrbahnzustand führt immer zu Pegelerhöhungen.

Die Nichtbeachtung der tatsächlichen Emissionen hat zur Folge, dass die Lärmbetroffenen u.U. deutlich höhere Immissionen als berechnet hinnehmen müssen.

Dieser Aspekt berührt insbesondere das Einsatzkriterium der Lärmsanierung an Straßen.

Seit 1992 laufen bayern- und bundesweit Untersuchungen zur Zustandserfassung, insbesondere der Griffigkeit, der Ebenheit im Längsprofil und der Substanz der Oberfläche des bestehenden Straßennetzes (Zustandserfassung und -bewertung der Bundesfernstraßen ZEB, Pavement-Management-System PMS) [17]. Dies aus Gründen der Sicherheit, denn auch bei Straßen lässt im Alter die Griffigkeit nach.

Im Rahmen dieser Kontrollen ließen sich gleichzeitig auch akustische Zustandsüberprüfungen durchführen, z.B. über eine Nahfeldmessung mit dem verfügbaren Schallmessanhänger oder wirtschaftlich mit dem in Kürze einsatzbereiten „Torusmessreifen“ nach Dr.Bschorr [15].

Hierbei könnten umfassende und statistisch abgesicherte Erkenntnisse über die tatsächlichen Einbauqualitäten gewonnen und Ursachen für die Mängel in der Bauabwicklung mit der Folge der schlechteren akustischen Qualitäten gefunden werden. Akustisch veränderte Straßen könnten auch Hinweise auf vorzeitige bautechnische „Abgängigkeit“ geben.

Ziel der Untersuchungen sollte jedenfalls sein, die Fertigungstoleranzen beim Straßenbau – so weit technisch möglich – weiter einzuschränken und Endbearbeitungstechniken zu entwickeln. Wenn nämlich durch verbesserte Einbauweisen, durch Qualitätssicherung und regelmäßiger Kontrolle ein ständiger sorgfältiger Einbau gewährleistet wird, könnten die bisherigen standardisierten akustischen Korrekturwerte in den Regelwerken herabgesetzt werden. Das würde die Kosten für Lärmschutzmaßnahmen erheblich senken. Die Kosteneinsparungen betreffen nicht nur den „bauenden Staat“, sondern im Rahmen der Beteiligung zu Erschließungskosten auch den privaten Bauherren.

Weiterhin könnten durch Kontrollmessungen Reparaturtechniken verfeinert werden, um Ausbesserungsarbeiten akustisch nicht kontraproduktiv werden zu lassen; Abfräsen oder einige Oberflächenbehandlungen erhöhen jedenfalls den Pegel.

Eine Erneuerung des Straßenbelages führt üblicherweise zu einer spürbaren Pegelminde- rung, auch wenn „nur“ die gleiche Deckenbauart verwendet wird. Nach den Regeln der RLS-90 wird damit eine akustische Verbesserung von 0 dB(A) erzielt. Eine akustisch nachgewiesene „Erfolgsmeldung“ aber könnte die durch den Lärm verursachte Abneigung gegenüber der Straße reduzieren und die Akzeptanz wieder erhöhen.

6 Folgerungen

Aufgrund der Risiken beim Bau einer Straßenoberfläche bezüglich der tatsächlichen Geräuschemissionen wäre es angezeigt, regelmäßig eine akustische Abnahme der neuen Straßen durchzuführen.

Dies könnte auch als vertrauensbildende Maßnahme angesehen werden. Hierzu müsste die gängige Vertragspraxis geändert werden.

In die Bauverträge müssen dann die akustischen Anforderungen einfließen, die bei Inbetriebnahme und während eines Gewährleistungszeitraumes zu beachten sind. Funktionsbauverträge könnten diese Anforderungen erfüllen [18], [19], [20].

Die Verbesserung der lärmindernden Beläge insbesondere bezüglich der akustischen Dauerhaftigkeit lässt sich nur durch intensiven Bau von ausreichend langen Erprobungsstrecken unter Betrieb vorantreiben.

Die Arbeitsgruppe „Lärmindernde Straßendecken in bebauten Gebieten“ sollte reaktiviert werden, ausländische Erfahrungen sollten mit einbezogen werden.

Der Einbau lärmindernder Beläge drängt sich ja nicht nur aus grundsätzlichen Erwägungen auf. Vielerorts ist der Verkehr in den letzten Jahrzehnten derartig gestiegen, dass vorhandene Lärmschutzanlagen nicht mehr ausreichen. Ein Nachrüsten scheidet häufig an den vor Ort realen Bedingungen (Statik, Optik).

Im Innerortsbereich lassen sich Schallschutzanlagen nur selten akzeptabel realisieren, meist scheiden sie vollständig aus. In den oberen Geschossen sind sie im Regelfall wirkungslos. Darüber hinaus erhöhen sie erheblich die Trennwirkung der Straße. Städtische Aufenthaltsräume (Gehwege, Plätze) können wegen des Lärms oft nicht mehr genutzt werden, es folgen Konsequenzen für die Bebauung, und dies noch in weiten Abständen von der Straße.

Eine nach heutigen Erkenntnissen erzielbare Pegelminderung der Emission von 5 dB(A) könnte alternativ nur durch eine Verkehrsreduzierung um 70 % erreicht werden. Eine derartige Forderung hat das LfU in seinem 30-jährigen Bestehen noch nicht gestellt.

Die vorstehenden Ausführungen wurden als Vortrag im Rahmen der Informationstage „Geräuschmindernde Fahrbahnbeläge in der Praxis“ am 07./08.11.2002 im Bayerischen Landesamt für Umweltschutz gehalten.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Regierung von Schwaben, GZ: 225–4354.1/35, Sechsstreifiger Ausbau der Bundesautobahn A8 Bereich Derching bis westlich der Lechbrücke (Str.–km 46+900 bis Str.–km 52+330), Planfeststellungsbeschluss vom 11. Juni 2002
- [2] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 14/1991, Sachgebiet 12.1: Lärmschutz. Der Bundesminister für Verkehr, StB 11/26/14.86.22–01/27 Va 91, 25.04.1991
- [3] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 20.6.1990 (BGBl I S.1036)
- [4] Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe „Straßenbau“, Heft S 12, 1996
- [5] Bundesministerium für Bildung und Forschung: Forschungsverbund „Leiser Verkehr“, Arbeitskreis Straßenverkehrslärm (BAST)
- [6] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr, Bonn: Einfluss der Fahrbahntextur auf das Reifen-Fahrbahn-Geräusch, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Heft 847, August 2002
- [7] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2002, Sachgebiet 12.1: Umweltschutz; Lärmschutz. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, S 13/14.8622–11/57 Va 01, 26.03.2002, VkB. Heft 8 – 2002, S.313
- [8] Erprobung lärmindernder Straßendecken auf Innerortsstraßen. Abschlussbericht der Untergruppe „Lärmindernde Straßendecken in bebauten Gebieten“, Berichtszeitraum 1986 – 1999, 1999
- [9] RIPKE, O.: Lärminderung – Optimierung des Systems Fahrbahn – Fahrzeug – Reifen im Projekt „Leiser Verkehr“. Vortrag im Rahmen des „Deutschen Straßen- und Verkehrskongresses 2002“ am 11.10.2002 in München
- [10] SCHÄFER, V.: Lärminderung – Erfahrungen mit offenporigen Asphaltdeckschichten. Vortrag im Rahmen des „Deutschen Straßen- und Verkehrskongresses 2002“ am 11.10.2002 in München
- [11] Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 18.07.2002, S. L 189/12

- [12] Verfahren zur Messung der Geräuschemissionen von Straßenoberflächen GStrO-92, Ausgabe 1992, Der Bundesminister für Verkehr, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 16/1992 vom 16. März 1992 – StB 11/14.86.22–11/41 Va 92, Verkehrsblatt 1992, Heft 8, S. 262
- [13] Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 11819-1, Mai 2002
- [14] ULLRICH, S.: Messung der Geräuschemission einer Straße – Messunsicherheiten, Messtoleranzen; Straße + Autobahn 11/98 S.622
- [15] Entwicklung und Erprobung einer mobilen Messeinrichtung zur Untersuchung des Reifen-/Fahrbahngeräusches und der akustischen Qualität von Straßenoberflächen. Machbarkeitsstudie, Juni 2001, Dr.Bschorr, Aeroakustik – München. StMLU, München
- [16] Qualität organisieren; wer, was, wann, wie, wo. Schriftenreihe des Deutschen Asphaltverbandes e.V. Schieffelingsweg 6, 53123 Bonn
- [17] WOLTERECK, G. Präsident: Umsetzung des Managements der Straßenerhaltung in den Ländern. Vortrag im Rahmen des „Deutschen Straßen- und Verkehrskongresses 2002“ am 10.10.2002, München
- [18] WITTMANN, E.: Erwartungen des Bau- lastträgers an einen Funktionsbauvertrag, Straße + Autobahn 1/99, S. 5
- [19] KNOLL, E.: Konzeption und Inhalt von Funktionsbauverträgen, Straße + Autobahn 1/99, S.10
- [20] RESSEL, W.: Pilotprojekte mit Funktionsbauverträgen – Funktionsbauverträge – Prinzip und Inhalte; Vortrag im Rahmen des „Deutschen Straßen- und Verkehrskongresses 2002“ am 10.10.2002 in München