

Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Straßenbau Heft S 12

bast

Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen

von

der Projektgruppe
„Lärmindernde Straßendecken“
Bergisch Gladbach

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Straßenbau Heft S 12

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A – Allgemeines
- B – Brücken- und Ingenieurbau
- F – Fahrzeugtechnik
- M – Mensch und Sicherheit
- S – Straßenbau
- V – Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, daß die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Am Alten Hafen 113 – 115, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 4 60 93 – 95, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BASt-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Der Ergebnisbericht der Projektgruppe „Lärmindernde Straßendecken“ basiert auf folgenden Berichten der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und des Forschungsinstituts Geräusche und Erschütterungen (FiGE):

BASt-Bericht „Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen“ Lärmtechnik (Siegfried Ullrich, Heinrich de Veer), FiGE-Statusbericht „Lärmindernde Straßendecken“, Juli 1992 und Meßberichte 1993 (Heinrich Steven),

BASt-Bericht „Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen“ Bautechnik (Ulrich Halfmann, Christian Roder, Gernot Haag),

BASt-Bericht „Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen“ Straßenunterhaltung und Betrieb (Jürgen Breitenstein)

Herausgeber:

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon (0 22 04) 43 – 0
Telefax (0 22 04) 43 – 6 74

Redaktion:

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon (04 71) 9 45 44 – 0
Telefax (04 71) 9 45 44 – 77

ISSN 0943-9323

ISBN 3-89429-684-4

Bergisch Gladbach, März 1996

Vorwort · Foreword · Préface

Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen

Die im folgenden Bericht dargelegten Ergebnisse aus den Jahren 1986 bis 1993 sind vor dem Hintergrund und den Randbedingungen der Untersuchungen auf den offenporigen Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen zu sehen. Weiterentwicklungen in der Straßenbautechnik, Änderungen an den Kraftfahrzeugen und Änderungen des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer erfordern, die Versuchsergebnisse zu überdenken; dies gilt insbesondere, weil die offenporigen Asphaltdeckschichten, die den Untersuchungen zugrunde lagen, Ende der 80er Jahre entsprechend dem damaligen Stand der Technik konzipiert und gebaut wurden.

Der Ergebnisbericht beruht auf Untersuchungen mit den damals geltenden Randbedingungen des Verkehrs, der Verkehrsmischung und den hierbei verursachten Lärmemissionen. Diese Bedingungen gelten heute nicht mehr in demselben Umfang. So lassen die aus Lärmmessungen sich ergebenden Pegelanstiege auf Deckschichten mit langjährig bewährten Bauweisen vermuten, daß die Geräuschemissionen der Pkw angestiegen sind. Die Frage, in welchem Umfang der Pegelanstieg auf Eigenschaftsänderungen der Deckschichten zurückzuführen ist bzw. durch den Anstieg der Pkw-Geräuschemissionen verursacht wird, läßt sich zur Zeit nicht genau beantworten.

Die Untersuchungen haben nicht die erwarteten Ergebnisse hinsichtlich der Lärmwirksamkeit und der bautechnischen Nutzungsdauer hervorgebracht. Aus den Untersuchungen wurden jedoch Erkenntnisse zur Auswahl der Baustoffe, zur Zusammensetzung der Baustoffgemische (Kornform, Bindemittelqualität, Hohlraumgehalt) und zur Herstellung der Deckschichten im Hinblick auf Verbesserungen der bautechnischen Nutzungsdauer und dauerhaften Lärmwirksamkeit gewonnen. Beim Bau offenporiger Asphaltdeckschichten werden die gewonnenen Erkenntnisse bereits umgesetzt. Zur gezielten Weiterentwicklung der lärmindernden Wirksamkeit von Deckschichten sind ergänzende Untersuchungen zur Abschätzung und Trennung der Lärmerzeugungsmechanismen erforderlich.

Bundesministerium für Verkehr

Porous Asphalt Surface Courses on Highways Outside Built-up Areas

The research findings presented in this report are the result of studies into porous asphalt surface courses on highways outside built-up areas which were undertaken between 1986 and 1993. Therefore, they have to be considered keeping these studies and their boundary conditions in mind. Due to the progress in highway construction technology and the changes in motor vehicles and the behaviour of road users that have taken place, these research findings have to be reconsidered. In addition, there is the fact that the porous asphalt surface courses studied at the end of the eighties had been designed and built according to the state-of-the-art of that time.

The studies underlying this report were governed by the boundary conditions applying to traffic and its composition of that time and the noise emissions associated therewith. Nowadays, these conditions no longer apply to the same extent. The increases in noise levels resulting from noise measurements on surface courses built according to construction methods that proved successful for many years suggest that the noise emissions of cars have increased. The extent to which the level increases may have been caused by changes in the properties of the surface courses or be due to the increase in car noise emissions is a question that cannot be fully answered as yet.

The studies did not lead to the findings expected as regards the service life and noise abatement of these structures. The studies, however, did lead to new information as regards the selection of construction materials, composition of material mixtures (particle shape, binder quality, void content) and the construction of surface courses with a view to improved service life and sustained noise abatement efficiency. In the construction of porous asphalt surface courses, these results are already being implemented. A targeted further development of the noise abatement efficiency of surface courses, however, requires supplementary in-depth studies to better assess the various noise generating mechanisms at play in this context.

Federal Ministry of Transport

Revêtements en enrobés ouverts pour chaussées en rase campagne

Les résultats décrits dans le présent rapport sont issus d'études de revêtements en enrobés ouverts de chaussées en rase campagne, effectuées entre 1986 et 1993, et ne peuvent être évalués qu'en prenant en considération les conditions de ces études. Il est aujourd'hui nécessaire de réviser ces résultats, vu les développements et changements au niveau de la technique de la construction routière, des automobiles et des comportements des usagers de la route. Il s'y ajoute que les études ont porté sur des enrobés poreux conçus et exécutés à la fin des années 80, conformément à l'état de la technique de cette époque-là.

Le rapport part des études s'appuyant sur des conditions prévalant alors relatives à la circulation, à la composition de la circulation et aux émissions sonores générées. Aujourd'hui, ces conditions ne sont plus les mêmes. Par exemple, le fait que l'on a enregistré une augmentation des niveaux sonores sur des revêtements réalisés selon des modes de construction tout à fait éprouvés depuis des années laisse supposer que les émissions sonores des véhicules se soient accrues. Pour l'instant, il n'est cependant pas possible de répondre clairement à la question de savoir dans quelle mesure cette augmentation du niveau de bruit est à imputer à des caractéristiques changées des revêtements ou bien à une accentuation des émissions sonores des véhicules.

Les études n'ont pas fourni les résultats attendus en ce qui concerne l'efficacité et la durée de vie technique de revêtements poreux antibruit. Elles permettent pourtant de trouver des renseignements quant au choix des matériaux de construction, à la composition des mélanges des matériaux (forme des grains, qualité des liants, teneur en vides) et à la réalisation de revêtements en vue d'une amélioration de la durée de vie technique et d'une diminution des émissions sonores à long terme. Ces résultats se traduisent déjà au niveau de l'exécution de revêtements en enrobés ouverts. Le développement des propriétés antibruit des revêtements ne peut réussir que sur la base d'études plus approfondies permettant de mieux évaluer et de discerner les mécanismes générateurs de bruit.

Inhalt

1	Ausgangslage	7
1.1	Allgemeines	7
1.2	Erfahrungen des Auslands.	7
1.3	Ausgangslage in Deutschland	8
2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	8
3	Physikalische und technische Zusammenhänge	8
3.1	Erzeugungsmechanismen der Reifen/Fahrbahngeräusche	8
3.2	Konzeption offenporiger Asphalt-deckschichten	9
3.3	Schallabsorption und Strömungs-widerstand.	9
4	Untersuchungsprogramm	10
5	Untersuchungen und Ergebnisse	11
5.1	Schalltechnische Untersuchungen	11
5.1.1	Meßverfahren	11
5.1.2	Ergebnisse.	12
5.1.2.1	Die Geräuschemission auf den Vergleichsdeckschichten AB 0/11	12
5.1.2.2	Meßergebnisse an offenporigen Asphalt-deckschichten im Neuzustand	12
5.1.2.3	Meßergebnisse nach mehrjähriger Nutzung	14
5.1.2.4	Abhängigkeit der mittleren Vorbei-fahrtpegel von der Rauhtiefe.	15
5.2	Bautechnik	15
5.2.1	Messungen auf den Erprobungs-strecken	16
5.2.2	Laboruntersuchungen	18
5.3	Straßenunterhaltung und -betrieb	19
5.3.1	Winterdienst	19
5.3.2	Verkehrssicherheit.	19
5.3.3	Reinigung	20
6	Zusammenfassende Bewertung	21
6.1	Lärmindernde Wirkung	21
6.2	Zusammenhang zwischen bautechnischer Nutzungsdauer, Hohl-raumgehalt und Lärminderung	21
6.3	Wasserdurchlässigkeit und Griffigkeit	22
6.4	Betrieb.	22
6.5	Kosten	22
6.6	Wirtschaftlichkeit aktiver Lärmschutz-maßnahmen	23
6.7	Weiteres Vorgehen	23
7	Literatur	24

1 Ausgangslage

1.1 Allgemeines

Die Geräuschbelastung der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland ist in den letzten 15 bis 20 Jahren stetig angewachsen, seit 1975 um 2,5 dB(A) an Autobahnen und 1,5 dB(A) an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen [1]. Im innerörtlichen Bereich hat die Belastung offensichtlich sogar noch etwas mehr zugenommen. So wurden z. B. in bayerischen Städten zwischen 1975 und 1992 um etwa 3 dB(A) höhere nächtliche Mittelungspegel gemessen [2]. Ursache für die gestiegene Belastung ist im wesentlichen das stetige Ansteigen des Verkehrsaufkommens auf frei befahrbaren Autobahnen, aber auch die zunehmend höheren Geschwindigkeiten.

Straßen-gattung	Auto-bahnen	Bundes-straßen	Landes-straßen	Kreis-straßen
Bezugsjahr	1992	1992	1990	1990
DTV in Kfz/24 h	43600	9240	3527	1655
Entfernung zur Straßen-mittel in m	50	25	25	25
$L_{r,T}$ in dB(A)	71,8	65,7	60,6	56,3
Immissions-grenzwert tags in db(A)	59	59	59	59
$L_{r,N}$ in dB(A)	66,8	58,7	52,3	48,0
Immissions-grenzwert nachts in dB(A)	49	49	49	49

Tab. 1: Tag- und Nacht-Beurteilungspegel an einer Straße mit dem mittleren Verkehrsaufkommen des jeweiligen Netzes

Wie sich die Situation heute darstellt, zeigt Tabelle 1. Aus den letzten verfügbaren Angaben für die „Durchschnittlichen Täglichen Verkehrsstärken“ von Pkw und Lkw wurden nach den „Richtlinien für Lärmschutz an Straßen“ – RLS-90 [3] tägliche und nächtliche Beurteilungspegel, $L_{r,T}$ und $L_{r,N}$, berechnet. Sie gelten jeweils für eine Straße, die das mittlere Verkehrsaufkommen des jeweiligen Straßennetzes trägt. Die Bezugsentfernungen von 50 m zur Autobahnmitte und 25 m zur Mitte von Bundesstraßen entsprechen etwa den Mindestbebauungsabständen von 40 m bzw. 20 m zur befestigten Straßenfläche.

Da das menschliche Ohr die Lautstärke von Geräuschen nicht skalieren kann, ist die Angabe eines Beurteilungspegels allein nichtssagend. Aussagekraft gewinnen Pegel erst, wenn sie mit anderen Pegeln verglichen werden, wie z. B. mit den Immissionsgrenzwerten der Verkehrslärmschutzverordnung [4]. In der Tabelle sind die Grenzwerte zitiert, die beim Neubau oder einer wesentlichen baulichen Änderung einer Straße für reine und allgemeine Wohngebiete gelten.

Angesichts der Verschärfung von Lärm-Grenzwerten für Straßen und der Verschärfung der geltenden Rechenverfahren zu Gunsten der Lärmbetroffenen und angesichts weiterhin steigender Fahrleistungen im Straßengüter- und Personenverkehr reichen in manchen Fällen die gängigen Minderungsmaßnahmen wie Lärmschutzwände oder Erdwälle allein nicht mehr aus. Da vor allem bei höheren Geschwindigkeiten die Reifengeräusche dominant sind, können auch weitere Absenkungen der Antriebsgeräusche der Kraftfahrzeuge allein nur in geringem Maße zur Entschärfung der Lärmprobleme beitragen. Daher wäre generell eine Minderung der Geräusche durch leisere Reifen und möglichst lärmmindernde Straßenoberflächen wünschenswert.

1.2 Erfahrungen des Auslands

Während in Großbritannien, den Niederlanden, in Belgien und in Frankreich beim Bau offenporiger Asphaltdeckschichten zunächst die Verkehrssicherheit und die Verhinderung von Sprühhahnen im Vordergrund standen, wurden offenporige Asphaltdeckschichten in Österreich vorrangig zum Schutz vor Verkehrslärm gebaut.

Nachdem im Jahre 1986 in der Bundesrepublik Deutschland die Untersuchung offenporiger Asphaltdeckschichten im Hinblick auf Bau, Betrieb, lärmmindernde Wirkung und Nutzungsdauer gestartet worden war, fand im Oktober 1987 in der BAST ein Internationaler Erfahrungsaustausch über lärmmindernde Straßendecken statt. Bei der Veranstaltung unter Beteiligung von Vertretern der Länder Belgien, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Österreich, Schweiz und der Bundesrepublik Deutschland wurden die damaligen Erfahrungen in den jeweiligen Ländern vorgetragen und diskutiert [5].

Die im Ausland gewonnenen, mehrjährigen und als gut bezeichneten Erfahrungen mit der offenporigen Bauweise gaben Anlaß, diesen Themenkomplex jeweils gesondert mit Fachkollegen aus Österreich,

Belgien, den Niederlanden und Frankreich in den folgenden Jahren zu vertiefen.

Der Erfahrungsaustausch auf europäischer Ebene hat gezeigt, daß offenporige Asphaltdeckschichten sowohl einen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit als auch einen Beitrag zur Verringerung der Lärmemissionen liefern können.

Die zeitlichen Veränderungen des baulichen Zustands und der lärmindernden Wirkung sowie die Erfahrungen beim Betriebs- und Winterdienst haben im Laufe der Nutzungsdauer in den verschiedenen europäischen Ländern ähnliche Entwicklungen gezeigt. Die zum Teil unterschiedlichen Rand- und Klimabedingungen sowie die unterschiedlich angewandten Meßverfahren und gesetzlichen Rahmenbedingungen erschweren allerdings einen direkten Vergleich.

Folgende Fragen bedurften allerdings auch in den Nachbarländern noch eingehenderer Klärung:

- bautechnische Grundlagen,
- bautechnische Nutzungsdauer,
- Dauer der lärmindernden Wirkung,
- Reinigungsmöglichkeiten,
- Wiederverwendung.

1.3 Ausgangslage in Deutschland

Nach Tabelle 1 können an Autobahnen und Bundesstraßen sowohl am Tage als auch in der Nacht erhebliche Überschreitungen der bei Straßenneubauten geltenden Immissionsgrenzwerte auftreten. In der Vergangenheit hat man durch die Errichtung von Lärmschutzwänden oder Aufschüttung von Erdwällen die Einhaltung der Grenzwerte erreichen können. Mit der Herausgabe der Verkehrslärmschutzverordnung im Jahre 1990 wurden aber die bis dahin geltenden Richtwerte für Straßen um 3 dB(A) abgesenkt und als Grenzwerte festgesetzt. Gleichzeitig wurde das Rechenverfahren der RLS-90 zugunsten Lärmbetroffener um mehrere Dezibel verschärft. Dadurch können Lärmschutzwandhöhen erforderlich werden, die in städtebaulicher Hinsicht und unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten an Grenzen stoßen. Daher wird man in Zukunft auch verstärkt Beschränkungen der Geräuschemission der „Schallquelle Straße“ in Erwägung ziehen müssen.

Minderungsmaßnahmen am Antrieb von Fahrzeugen haben bisher nicht zu einer wesentlichen Verringerung der Beurteilungspegel an den Straßen

geführt. Ursächlich hierfür ist das Vorherrschen der Reifen-Fahrbahn-Geräusche bei Pkw ab Geschwindigkeiten von 50 km/h und bei Lkw ab 70 km/h. Das Reifengeräusch beeinflusst das Fahrgeräusch von Pkw selbst im Innerortsverkehr bei Fahrten in kleinen Gängen so stark, daß eine Minderung der Antriebsgeräusche sich nur etwa zur Hälfte auf die Minderung der Lärmbelastung für den Straßenanwohner auswirkt.

Zur Minderung der Reifen-Fahrbahn-Geräusche sind Maßnahmen sowohl am Reifen selbst als auch an der Straßendeckschicht und ihrer Oberfläche erforderlich.

2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Um herauszufinden, welche Lärminderungen durch offenporige Asphaltdeckschichten zu erreichen sind, hat das BMV die BASt beauftragt, ein entsprechendes Untersuchungsprogramm durchzuführen. Im Rahmen dieses Untersuchungsprogramms wurden Erprobungsstrecken angelegt, die über das gesamte Bundesgebiet verteilt wurden und durch die insbesondere folgende Fragen geklärt werden sollten:

- bautechnische Konzeption,
- lärmtechnische und bautechnische Nutzungsdauer,
- erreichbare Lärmpegelminderungen,
- Winterdienstmethoden,
- Reinigungsmethoden

Die Erprobung sollte sich auf eine breite Palette von offenporigen Mischgutarten für Asphaltdeckschichten mit örtlich anstehenden Mineralstoffen erstrecken, um Hinweise zu erlangen, wie offenporige Asphalte mit hoher Lärminderung gebaut und erhalten werden können.

3 Physikalische und technische Zusammenhänge

3.1 Erzeugungsmechanismen der Reifen/Fahrbahngeräusche

Ansätze zur Minderung von Reifenabrollgeräuschen ergeben sich aus den möglichen Erzeugungsmechanismen. Es sind dies im wesentlichen zwei:

- Schwingungen der Reifendecke
- aerodynamische Schallquellen im Reifenprofil

Beim Überrollen z. B. eines Splittkorns auf der Straßenoberfläche wird die Reifendecke in radialer Richtung leicht eingedrückt. Nach dem Überrollen des Korns federt die Reifendecke wieder aus. Mit abnehmender Rauftiefe einer Straßenoberfläche nimmt der Anteil des Reifengeräusches ab, der auf die Schwingungsanregung der Reifendecke zurückzuführen ist.

Der wichtigste Vertreter aerodynamischer Schallquellen der Reifengeräuschenstehung ist das sog. „Air-Pumping“. Beim Einlauf des Profils in die Kontaktzone Reifen/Straße treten Querschnittsverengungen von Profilrillen oder geschlossene Hohlräume im Reifen- oder Straßenprofil auf. Luft wird aus dem Profil gedrückt und hinter der Kontaktzone wieder angesaugt. Mit abnehmender Rauftiefe einer geschlossenen Straßenoberfläche nimmt der Anteil des Reifengeräusches zu, der auf Air-Pumping-Effekte zurückzuführen ist.

Das konträre Verhalten durch Schwingungsanregung der Reifendecke und durch Air-Pumping-Effekte führt dazu, daß die Geräuschemission eines Reifens in Abhängigkeit von der Rauftiefe ein Minimum durchläuft, da zu kleineren Rauftiefen hin Air-Pumping dominiert, zu größeren aber die Schwingungsanregung der Reifendecke. Unterschreiten läßt sich dieses Minimum nur, wenn durch konstruktive Veränderung der Deckschichteneigenschaften die Air-Pumping-Effekte vermindert oder ausgeschaltet werden.

Hierzu bieten sich zwei Wege an:

- Bei hohlraumreichen Deckschichten mit offenporiger Oberfläche kann die Kontaktzone Reifen/Straße in die Decke entlüftet werden.
- Eine Entlüftung seitlich der Kontaktzone kann durch eine entsprechende Gestaltung der Textur der Straßenoberfläche erreicht werden. Dazu muß ein System zusammenhängender Kanäle geschaffen werden, wie es sich z. B. automatisch bei Abstreunungen ergibt.

Das Verfahren „offenporige Oberfläche plus hohlraumreiche Decke“ weist noch einen weiteren Vorteil auf. Schall, der auf eine solche Decke auftrifft, kann zum Teil in die Decke eindringen und dort durch Absorption gemindert werden. Schall, der von einer Teilschallquelle am Fahrzeug über Reflexionen an der Straßenoberfläche zu einem Straßenanlieger gelangt, wird dadurch in seiner Intensität

geschwächt. Wegen dieses zusätzlichen Effektes wurden in dem Projekt „Lärmindernde Deckschichten“ zunächst die akustischen Wirkungen offenporiger hohlraumreicher Deckschichten untersucht.

3.2 Konzeption offenporiger Asphaltdeckschichten

Bei der Konzeption offenporiger, hohlraumreicher Deckschichten mit einem hohen Minderungspotential ist nach den bisherigen Ausführungen dreierlei zu beachten:

- Die Textur der Deckschicht darf nur wenig Schwingungsgeräusche erzeugen.
- Die Kontaktzone Reifen/Straße muß möglichst schnell entlüftet werden können, um Air-Pumping-Effekte zu unterdrücken.
- Die Deckschicht soll hohe Schallabsorption ermöglichen.

Zur Entlüftung der Kontaktzone Reifen/Fahrbahn ist ein System zusammenhängender Kanäle an der Fahrbahnoberfläche oder eine möglichst hohe Porosität der Deckschichtoberfläche und ein hoher Gehalt an zugänglichen Poren (Hohlräumen) in der Deckschicht erforderlich.

Zur Unterdrückung der Reifenschwingungen ist die mittlere Rauftiefe der Oberfläche einer offenporigen Deckschicht so gering wie möglich zu halten. Die Rauftiefe ist in erster Näherung dem Maximalkorndurchmesser proportional.

Große Hohlraumgehalte von Deckschichten werden durch Verringerung oder völliges Weglassen mittlerer Kornfraktionen bzw. durch Anteile von über 70 % der größten Kornfraktion erzeugt. Dadurch wird aber auch die Rauftiefe der Deckschicht wieder vergrößert.

Der optimale Aufbau der Deckschicht, der neben guten akustischen Anforderungen auch die Haltbarkeit solcher Deckschichten berücksichtigt, ist experimentell zu finden.

3.3 Schallabsorption und Strömungswiderstand

Da offenporige Deckschichten im allgemeinen auf einer schalldurchlässigen Unterlage verlegt und durch Schallreflexionen an ihr Interferenzen ermöglicht werden, ist die Schallabsorption frequenzabhängig. In der Absorptionskurve treten Maxima und Minima auf (Bild 1).

Die Frequenzlagen der Absorptionsmaxima werden zwar durch die Dicke der absorbierenden Schicht festgelegt, die Resonanzen sind jedoch so schmal, daß in einem relativ großen Dickenbereich die aus dem Spektrum des Straßenverkehrsgeräusches absorbierte Schallenergie unabhängig von der Schichtdicke wird. Das ist z. B. bei Schichtdicken zwischen 3 cm und 6 cm der Fall. Bei diesen Dicken fällt das erste Absorptionsmaximum in den Bereich der 1.000 Hz Oktave, in den auch das Maximum des Reifengeräuschespektrums fällt.

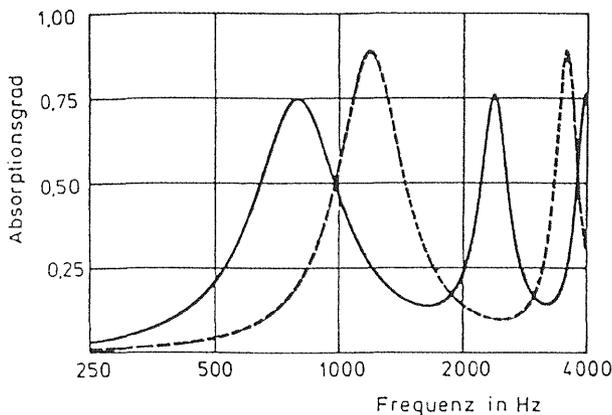


Bild 1: Absorptionsgrade zweier 4 cm und 6 cm dicker offener Straßendecken in Abhängigkeit von der Frequenz (gestrichelt: 4 cm, durchgezogen: 6 cm)

Beim Durchqueren eines Absorbers wird Schallenergie auf einem umso kürzeren Weg vernichtet, je stärker der Strömungswiderstand des Absorbers ist. Der Strömungswiderstand ist bei offenporigen Deckschichten umgekehrt proportional zum Größtkorndurchmesser. Für die Konzeption hohlraumreicher Deckschichten ergibt sich somit die Forderung nach geringen Größtkorndurchmessern, wodurch allerdings die Porosität wieder verringert wird.

Zur Überprüfung der Zusammenhänge zwischen Schallabsorption, Hohlraumgehalt, Durchmesser des Größtkorns und Schichtdicke wurden an Marshallprobekörpern offenporiger Asphalte im Kundt'schen Rohr Messungen des Schallabsorptionsgrades durchgeführt. Aus den Absorptionsgraden für Terzfrequenzbänder wurde die Minderung der bei senkrechtem Schalleinfall reflektierten Schallenergie eines Straßenverkehrsgeräusches berechnet [6].

Einen spürbaren Einfluß auf das Absorptionsvermögen der Probekörper ergab nur der Hohlraumgehalt. Die unterschiedlichen Schichtdicken und die Mineralstoffart übten keinen Einfluß auf die Absorption aus.

Insgesamt ergibt sich kein Zielkonflikt zwischen der Forderung nach hoher Absorption und der Forderung nach einer geringen Geräuscherzeugung durch Schwingungsanregung der Reifendecke.

Folgerung

Da in erster Näherung die Wirksamkeit einer hohlraumreichen Deckschicht dem Hohlraumgehalt proportional und dem Größtkorndurchmesser und dem Größtkornanteil umgekehrt proportional ist, ist ein hoher Hohlraumgehalt bei kleinem Größtkorndurchmesser und nicht allzu hohem Größtkornanteil anzustreben. Die Schichtdicke sollte zwischen 3 cm und 6 cm liegen.

Von Interesse ist vor allem die Frage, wie hoch der prozentuale Anteil zugänglicher Hohlräume im Vergleich zum Anteil aller Hohlräume, dem Hohlraumgehalt, ist. Dies wurde an denselben Probekörpern wie bei den Messungen des Absorptionsgrades durch ein einfaches Verfahren untersucht. Gemessen wurde das Volumen einer bestimmten Menge entspannten Wassers und das Volumen derselben Menge Wasser mit eingetauchtem Probekörper. Für die Probekörper mit Größtkorndurchmessern von 8 mm und 11 mm ergab sich folgendes:

- Hohlraumgehalt = 15 Vol.-%,
Gehalt zugänglicher Hohlräume = 12 Vol.-%,
- Hohlraumgehalt = 20 Vol.-%,
Gehalt zugänglicher Hohlräume = 18 Vol.-%,
- Hohlraumgehalt = 25 Vol.-%,
Gehalt zugänglicher Hohlräume = 25 Vol.-%.

4 Untersuchungsprogramm

Aufbauend auf den schon vorhandenen Erfahrungen wurden für die Erprobungsstrecken Sieblinien 0/5, 0/8, 0/11 und 0/16 mit entsprechend hohem Gehalt an Splitt > 2 mm und mit den zwei Grundtypen „Makadam“ und „Dränasphalt“ gewählt. Der Typ „Makadam“ besitzt einen Anteil von etwa 70 Gew.-%, der Typ „Dränasphalt“ dagegen einen Anteil von etwa 50 Gew.-% in der jeweils größten Kornfraktion. Mit diesen Randbedingungen wurden aus den regional vorhandenen Baustoffen Mineralstoffgemische hergestellt; außerdem wurden jeweils die Bindemittelart und -sorte sowie die Art der Zusatzstoffe variiert.

Für jede Erprobungsstrecke wurden die Mischgutvarianten ausgewählt, die im einzelnen aufgrund der Länge der Erprobungsstrecke, der Zahl der zur

Verfügung stehenden Untersuchungsabschnitte und der regional vorliegenden Erfahrungen als Deckschicht eingebaut wurden. Jeder der Untersuchungsabschnitte war etwa 300 m lang. Zusätzlich wurde zu Vergleichszwecken ein Untersuchungsabschnitt gleicher Länge angelegt, dessen Asphalt-schicht aus ortsüblichem Asphaltbeton 0/11 (Vergleichsabschnitt) bestand. Vorgesehen waren Neubaustrecken, aber auch Strecken, bei denen eine Deckschichterneuerung anstand.

Folgende Randbedingungen wurden nach Möglichkeit beachtet:

- Die Strecken sollten in der Nähe von Stationen des Deutschen Wetterdienstes liegen, die im Bereich des betreffenden Straßenabschnittes die Temperatur- und Niederschlagsdaten erfassen.
- Klimazonen mit hohen Niederschlagsmengen sollten bevorzugt werden, außerdem solche, bei denen die Temperaturen im Winter häufig um den Gefrierpunkt schwanken oder bei denen extrem tiefe Temperaturen vorkommen.
- Die Strecken sollten aus Gründen der Lärm-messungen nahezu gehölfrei bis 50 m seitlicher Entfernung vom Straßenrand sein. Sie sollten nur mit geringem Längsgefälle und möglichst geländegleich verlaufen.
- Jede Strecke sollte aus mindestens 3 Untersuchungsabschnitten bestehen.
- Die Verkehrsbelastung sollte den Bauklassen I bis III entsprechen.
- Randeinfassungen sollten nicht vorhanden sein.

5 Untersuchungen und Ergebnisse

5.1 Schalltechnische Untersuchungen

5.1.1 Meßverfahren

Geräuschmissionen durch den Straßenverkehr werden nach der Verkehrslärmschutzverordnung durch den Beurteilungspegel bewertet. Ein wesentlicher Bestandteil des Beurteilungspegels ist der Mittelungspegel $L_m(25)$, bezogen auf 25 m Entfernung zur Straßenmitte und 4 m Höhe über der Straßenoberfläche. $L_m(25)$ charakterisiert die Geräuschemission einer Straße. Er wird außer durch die Art der Straßendeckschicht wesentlich

durch die auf der Straße vorhandene Verkehrsmenge, die Art und Zusammensetzung des Schwerverkehrs, die mittleren Pkw- und Lkw-Geschwindigkeiten und die Charakteristik des strabennahen Umfeldes beeinflusst. Alle Parameter unterscheiden sich von Erprobungsstrecke zu Erprobungsstrecke, so daß die Geräuschmeßergebnisse nicht direkt miteinander verglichen werden können. Umrechnungen oder Hochrechnungen – z. B. nach den „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“ – RLS-90 sind wegen der unterschiedlichen Randbedingungen und Vereinfachungen, mit denen solche Regelwerke arbeiten, nur innerhalb großer Toleranzen möglich. Daher wurde, nach Durchführung erster Messungen, auf eine systematische Aufnahme von Mittelungspegeln verzichtet.

Eine Größe, die einen besseren Vergleich des Einflusses von Straßenoberflächen auf unterschiedlichen Erprobungsstrecken erlaubt, ist der mittlere maximale Vorbeifahrtpegel von Pkw (und/oder Lkw). Wenn eine genügend große Anzahl zufälliger Fahrzeuge des Verkehrs vermessen wird, kann durch Korrelationsanalysen die Abhängigkeit des Vorbeifahrtpegels von der Geschwindigkeit ermittelt werden. Trotz unterschiedlicher mittlerer Geschwindigkeiten können so durch Bezug der Vorbeifahrtpegel auf dieselbe Geschwindigkeit Erprobungsstrecken miteinander verglichen werden (z. B. [7], [8]). Dies gab schließlich den Ausschlag für den mittleren Vorbeifahrtpegel als Beurteilungsgröße für den Einfluß von Straßenoberflächen auf die Geräuschemission von Straßen.

Zur Bestimmung des mittleren Vorbeifahrtpegels einer Fahrzeugstichprobe werden die maximalen Vorbeifahrtpegel einzelner Kraftfahrzeuge in 7,5 m Abstand von der Fahrspurmitte und 1,2 m Höhe über Straßenniveau zusammen mit der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit erfaßt.

Bei stärker befahrenen Erprobungsstrecken kann der Vorbeifahrtpegel eines Fahrzeugs durch Geräusche von Nachbarfahrzeugen gestört werden. Ein Meßergebnis wurde dann als ungestört akzeptiert, wenn sich der maximale Pegel während der Vorbeifahrt um mindestens 5 dB(A) aus dem Summengeräusch der anderen Fahrzeuge des Verkehrsstromes heraushob.

An jedem Meßquerschnitt wurden mindestens 70, meistens aber über 100 Pkw-Vorbeifahrtpegel aufgenommen. Für die so gewonnenen Ergebnisse wurden Regressionsgeraden mit den Variablen „Vorbeifahrtpegel L“ und „lg (v)“ (v = Geschwindigkeit in km/h) der Form

$$L(7,5\text{ m}) = a + b \cdot \lg(v) \text{ dB(A)} \quad (1)$$

berechnet, die mindestens im Geschwindigkeitsbereich $v_{ar} - s$ bis $v_{ar} + s$ gültig sind.

Es bedeuten: v_{ar} – Mittelwert,
 s – Standardabweichung der Fahrzeuggeschwindigkeiten,
 a, b – Koeffizienten der Regressionsgeraden

5.1.2 Ergebnisse

5.1.2.1 Die Geräuschemission auf den Vergleichsdeckschichten AB 0/11

Auf fast allen Erprobungsstrecken wurden Felder mit Deckschichten aus Asphaltbeton 0/11 eingerichtet, die als örtliche Vergleichsdeckschichten dienen sollten. Damit die örtlich gemessenen Differenzen zwischen Asphaltbeton und den offenporigen Deckschichten vergleichbar werden, wurde eine Pegel-Geschwindigkeits-Beziehung für eine „mittlere“ Asphaltbetondeckschicht 0/11 abgeleitet ([9], [10]):

$$L(\text{Pkw}, \text{AB } 0/11) = 15,6 + 32,0 \cdot \lg(v) \text{ in dB(A)}. \quad (2)$$

Diese Beziehung ist für Außerortsstraßen mit mittleren Pkw-Geschwindigkeiten von 65 km/h bis über 130 km/h gültig. Um die geringe Datenbasis im Ge-

schwindigkeitsbereich über 110 km/h etwas zu verbreitern, wurden Ergebnisse von zwei Messungen außerhalb des Projektes „Lärmindernde Deckschichten“ hinzugezogen [11].

5.1.2.2 Meßergebnisse an offenporigen Asphaltdeckschichten im Neuzustand

Einbahnige Außerortsstraßen

Die einbahnigen Außerortsstraßen werden im folgenden vereinfachend mit „Bundesstraßen“ bezeichnet.

In der Regel wurden Erstmessungen von Pkw-Vorbeifahrtpegeln innerhalb der ersten drei Monate nach der Verkehrsübergabe der Testfelder durchgeführt. Nach ein bis zwei Jahren erfolgten Wiederholungsmessungen. Die Wirksamkeit einer offenporigen Deckschicht wurde aus dem geringsten während der ersten zwei Jahre nach Verkehrsübergabe gemessenen mittleren Vorbeifahrtpegel bestimmt.

Bei Aufteilung der Deckschichten nach dem Größtkorn ergaben sich folgende mittlere Regressionsfunktionen:

$$L(\text{Pkw}, \text{LA } 0/11) = 10,4 + 33,0 \cdot \lg(v) \text{ in dB(A)} \quad (3)$$

$$L(\text{Pkw}, \text{LA } 0/8) = 8,2 + 33,0 \cdot \lg(v) \text{ in dB(A)} \quad (4)$$

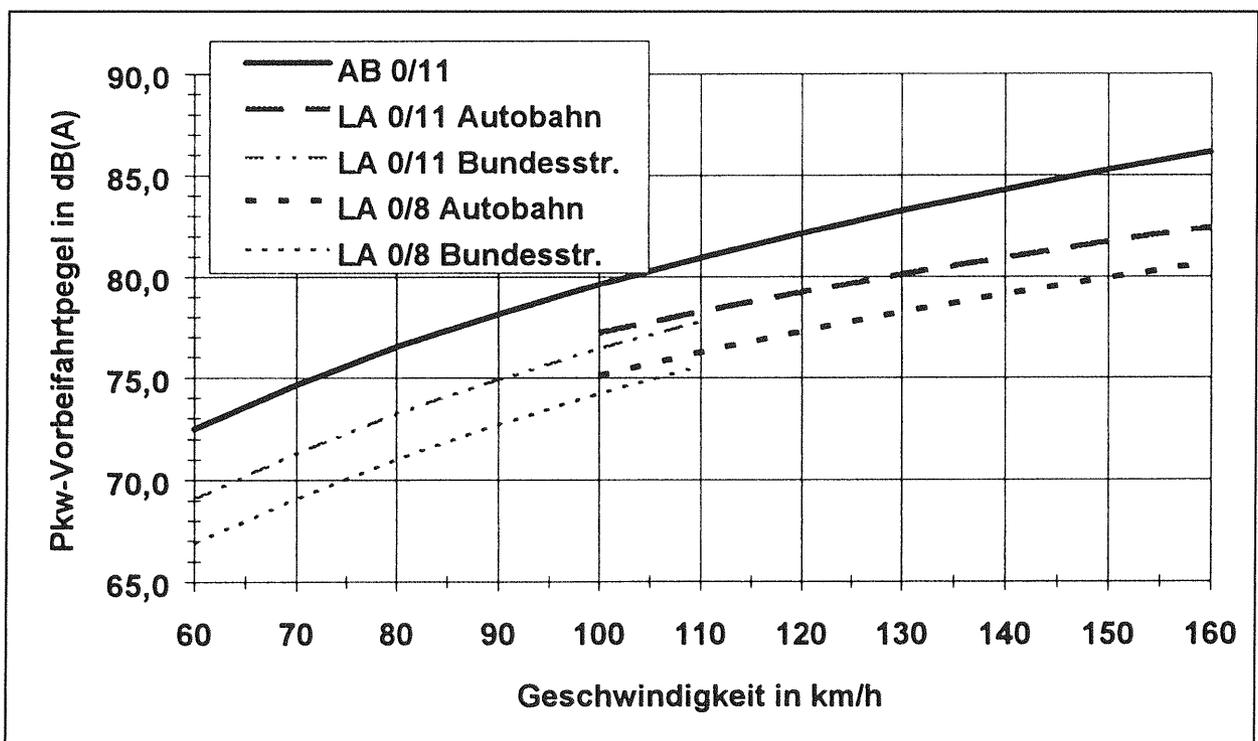


Bild 2: Mittlere Pkw-Vorbeifahrtpegel in 7,5m Entfernung an der Vergleichsdeckschicht AB 0/11 sowie an offenporigen Asphaltdeckschichten 0/8 und 0/11 der Erprobungsstrecken im Neuzustand in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

Die beiden Beziehungen gelten für den Geschwindigkeitsbereich von 65 km/h bis 110 km/h. Sie sind zusammen mit der entsprechenden Regressionskurve für die Vergleichsdeckschichten in Bild 2 dargestellt.

Die Differenzen zur Vergleichsdeckschicht betragen für $v = 100$ km/h:

$$L(AB) - L(LA 0/11) = 3,2 \text{ dB(A)},$$

$$L(AB) - L(LA 0/8) = 5,4 \text{ dB(A)}.$$

Autobahnen

Drei der Erprobungsstrecken wurden auf Autobahnen eingerichtet. An zweien von ihnen waren Messungen von Vorbeifahrtpegeln möglich. Zur Verbreiterung der Datenbasis wurde eine Reihe weiterer Untersuchungsergebnisse außerhalb des Projektes „Lärmindernde Deckschichten“ herangezogen [11].

An „neuen“ Deckschichten mit einem Alter bis zu zwei Jahren wurden folgende Beziehungen für Autobahnen gemessen (vgl. auch Bild 2):

$$L(\text{Pkw}, LA 0/11) = 26,0 + 25,6 \cdot \lg(v) \text{ in dB(A)} \quad (5)$$

$$L(\text{Pkw}, LA 0/8) = 20,3 + 27,4 \cdot \lg(v) \text{ in dB(A)} \quad (6)$$

Die Differenzen zur Vergleichsdeckschicht betragen für $v = 130$ km/h:

$$L(AB) - L(LA 0/11) = 3,1 \text{ dB(A)},$$

$$L(AB) - L(LA 0/8) = 5,0 \text{ dB(A)}.$$

Zusammenhang zwischen der Pegeldifferenz zur Vergleichsdeckschicht und bautechnischen Parametern

Nach Abschnitt 3 kann angenommen werden, daß die Wirksamkeit einer offenporigen, hohlraumreichen Deckschicht in erster Näherung dem Verhältnis von Hohlraumgehalt dividiert durch das Produkt aus Größtkorndurchmesser und -anteil proportional ist (im folgenden abkürzend mit K bezeichnet).

In Bild 3 sind die Differenzen der Pkw-Vorbeifahrtpegel auf dem mittleren Asphaltbeton AB 0/11 und den einzelnen offenporigen Asphaltdeckschichten in Abhängigkeit von diesem Verhältnis dargestellt.

Eine lineare Korrelationsrechnung zwischen den genannten Größen hat folgendes Ergebnis ($2,5 \cdot 10^{-2} \leq K \leq 5,5 \cdot 10^{-2}$)

$$DL = L(AB) - L(LA) = -0,7 + 136 \cdot K \text{ dB(A)} \quad (7)$$

70 % der Meßwerte liegen innerhalb eines Streubandes der Breite ± 1 dB(A). Die Beziehung gestattet eine Prognose der Emissionsminderung durch offenporige Asphaltdeckschichten mit einer Unsicherheit von höchstens 2 dB(A).

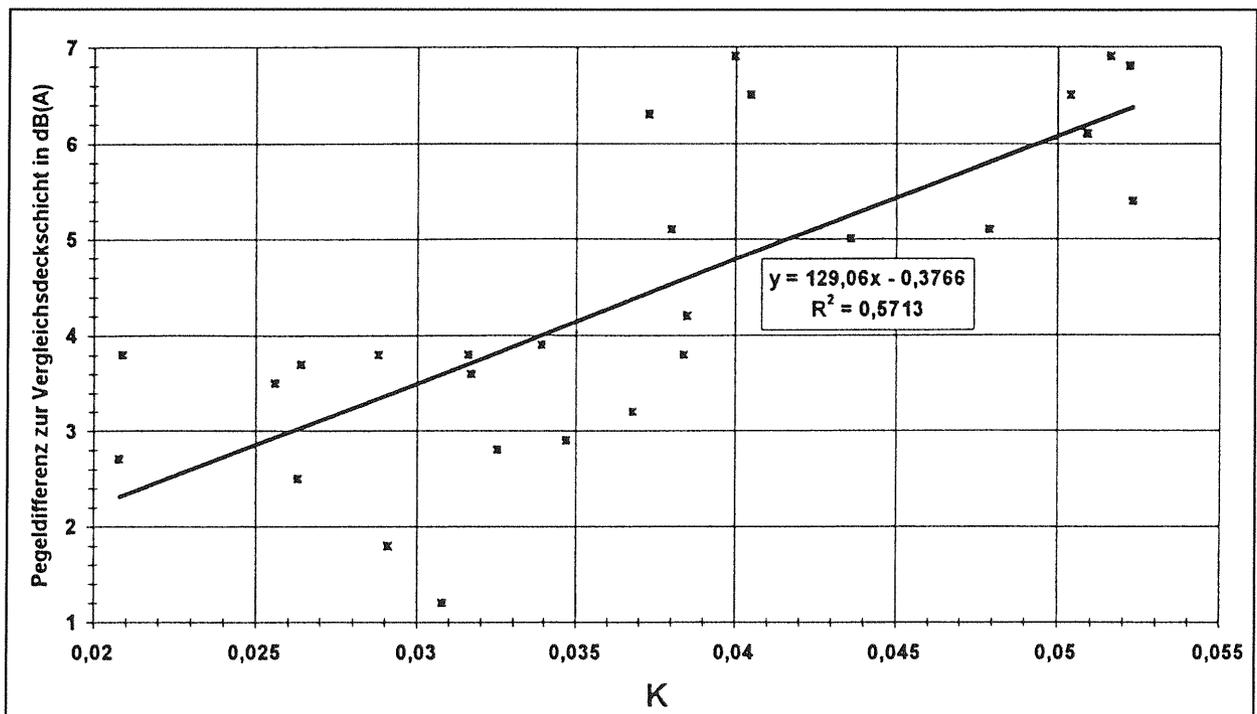


Bild 3: Abhängigkeit der Pegeldifferenz von $K =$ Hohlraumgehalt dividiert durch das Produkt aus Größtkorndurchmesser und -anteil (Neuzustand)

5.1.2.3 Meßergebnisse nach mehrjähriger Nutzung

Einbahnige Außerortsstraßen

Auf allen offenporigen Deckschichten der einzelnen Erprobungsstrecken hat im Laufe der Beobachtungsdauer – 5 bis 6 Jahre bei Straßen mit zulässigen Geschwindigkeiten bis 100 km/h und 3 Jahre bei Autobahnen – die lärmindernde Wirkung abgenommen.

Im Vergleich zum Abschnitt 5.1.2.2 ergab sich nach einer Beobachtungsdauer von 5 bis 6 Jahren an den Testfeldern der Bundesstraßen folgendes:

$$L(\text{Pkw}, \text{LA } 0/11) = 21,5 + 29 \cdot \lg(v) \text{ in dB(A)} \\ 70 \text{ bis } 110 \text{ km/h (8)}$$

$$L(\text{Pkw}, \text{LA } 0/8) = 18,3 + 29 \cdot \lg(v) \text{ in dB(A)} \\ 80 \text{ bis } 120 \text{ km/h (9)}$$

Die Differenzen zur Vergleichsdeckschicht betragen für $v = 100 \text{ km/h}$:

$$L(\text{AB } 0/11) - L(\text{LA } 0/11) = 0,1 \text{ dB(A)}$$

$$L(\text{AB } 0/11) - L(\text{LA } 0/8) = 3,3 \text{ dB(A)}$$

Die Wirksamkeit von LA 0/11 hat nach einer Nutzungsdauer von 5 Jahren um rund 3 dB(A) abge-

nommen. LA 0/11 und AB 0/11 sind gleich laut. Die Wirksamkeit von LA 0/8 hat um rund 2 dB(A) abgenommen. Nach einer Nutzungsdauer von 5 Jahren ist LA 0/8 im Mittel noch um 3 dB(A) leiser als AB 0/11 (Bild 4).

Für offenporige Deckschichten mit 16 mm Größtkorn liegen zwei Messungen nach einer Nutzungsdauer von 5,5 bzw. 6 Jahren vor. Wegen der sehr groben Oberflächenstruktur wurden die beiden Deckschichten um 3,5 dB(A) lauter als Asphaltbetondeckschichten 0/11.

Autobahnen

Für Deckschichten auf Autobahnen mit einem Alter zwischen 2,5 und 3,5 Jahren wurden folgende Regressionen ermittelt:

$$L(\text{Pkw}, \text{LA } 0/11) = 24,5 + 27,2 \cdot \lg(v) \text{ in dB(A) (10)}$$

$$L(\text{Pkw}, \text{LA } 0/8) = 21,8 + 28,0 \cdot \lg(v) \text{ in dB(A) (11)}$$

Die Differenzen zur Vergleichsdeckschicht betragen für $v = 130 \text{ km/h}$:

$$L(\text{AB } 0/11) - L(\text{LA } 0/11) = 1,2 \text{ dB(A)}$$

$$L(\text{AB } 0/11) - L(\text{LA } 0/8) = 2,2 \text{ dB(A)}$$

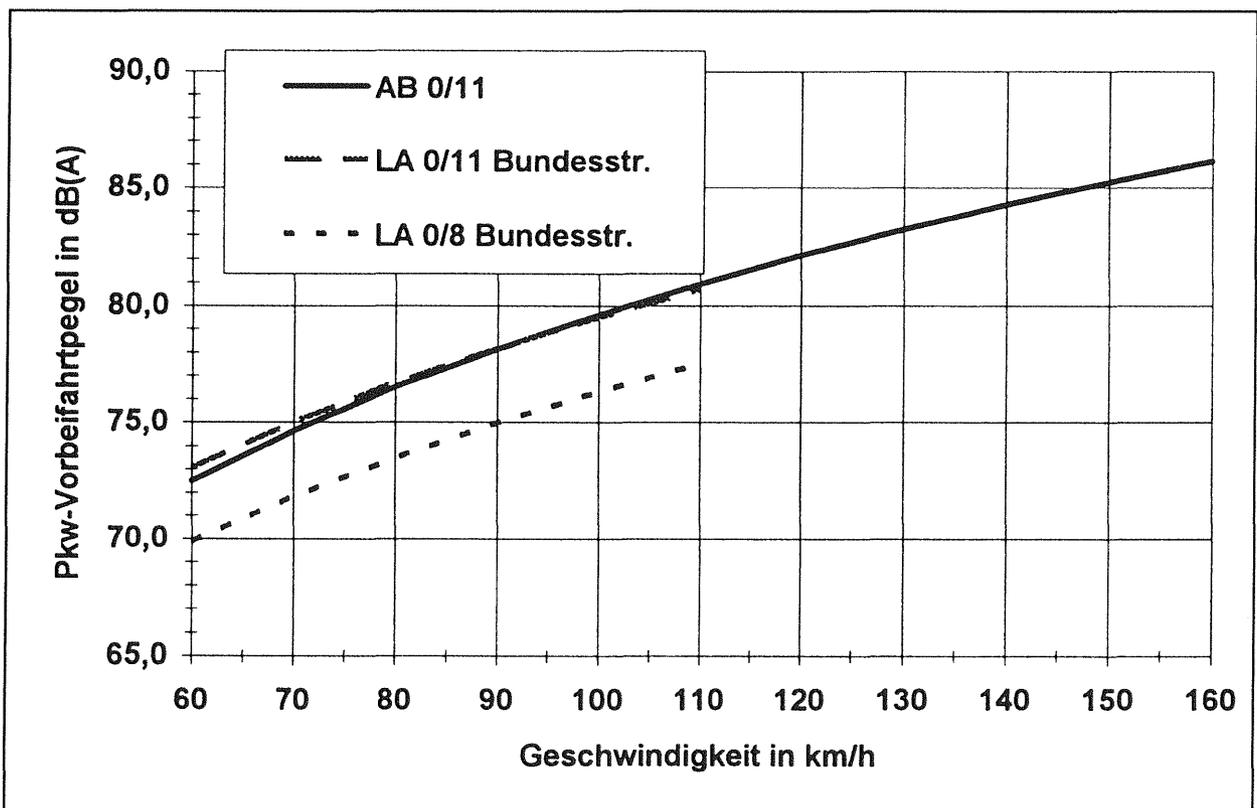


Bild 4: Mittlere Pkw-Vorbeifahrtpegel in 7,5 m Entfernung an der Vergleichsdeckschicht AB 0/11 sowie an 5 bis 6 Jahre alten offenporigen Asphaltdeckschichten 0/8 und 0/11 der einbahnigen Erprobungsstrecken in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

Nach 3 Jahren sind die Vorbeifahrtpegel um 2 bis 3 dB(A) angestiegen. Es ist zu befürchten, daß bei längerer Nutzungsdauer die Pegel weiter ansteigen, so daß zumindest bei den LA 0/11-Deckschichten wie bei einbahnigen Straßen der Vorteil gegenüber Asphaltbeton 0/11-Deckschichten verlorengeht (Bild 5).

5.1.2.4 Abhängigkeit der mittleren Vorbeifahrtpegel von der Rauhtiefe

Die Rauhtiefe einer Straßenoberfläche beeinflusst das durch Schwingungsanregung der Reifendecke erzeugte Reifengeräusch. Daher ist zu erwarten, daß auch bei offenporigen Deckschichten der Vorbeifahrtpegel mit zunehmender Rauhtiefe ansteigt bzw. die Differenz zum Asphaltbeton abnimmt. Die Rauhtiefe der offenporigen Deckschichten wurde durch ein Laser-Texture-Meter (FiGE-Entwicklung) gemessen und ausgewertet. Die Mittelwertbildung über einzelne Deckschichtgruppen offenporiger Asphalte (Systeme: Makadam und Dränasphalt) ergab trotz überlappender Streubereiche der Rauhtiefen und der Pegeldifferenzen einen eindeutigen Trend zu höherer Pegelminderung mit abnehmender Rauhtiefe.

Dies kann auch aus Bild 6 abgelesen werden, in dem die Pegeldifferenzen der einzelnen Deck-

schichtgruppen in Abhängigkeit von der Rauhtiefe aufgetragen sind. Nach 5 Jahren nimmt der mittlere Pkw-Vorbeifahrtpegel stärker mit der mittleren Rauhtiefe zu als im Neuzustand.

5.2 Bautechnik

Im Rahmen dieses Großversuches wurden auf den Erprobungsstrecken periodisch Untersuchungen über Verformungsverhalten, Griffigkeit und Durchlässigkeit durchgeführt [12]. Diese Messungen wurden durch fotografische Oberflächenaufnahmen sowie visuelle Beobachtungen über das allgemeine Verhalten dieser Deckschichten im Laufe der Nutzungsdauer ergänzt. Für die genannten Untersuchungen mußten teilweise neue Meßverfahren entwickelt, aber auch vorhandene Meßverfahren im Labor und auf der Straße modifiziert werden. Dies gilt besonders für die Erfassung der Durchlässigkeit.

Witterung und Verkehr verändern die Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche zeitlich und örtlich. Die Änderungen sind nach Größe und Verlauf zum Teil recht unterschiedlich und hängen von folgenden Faktoren ab:

- Verkehrsbelastung,
- Verkehrszusammensetzung,

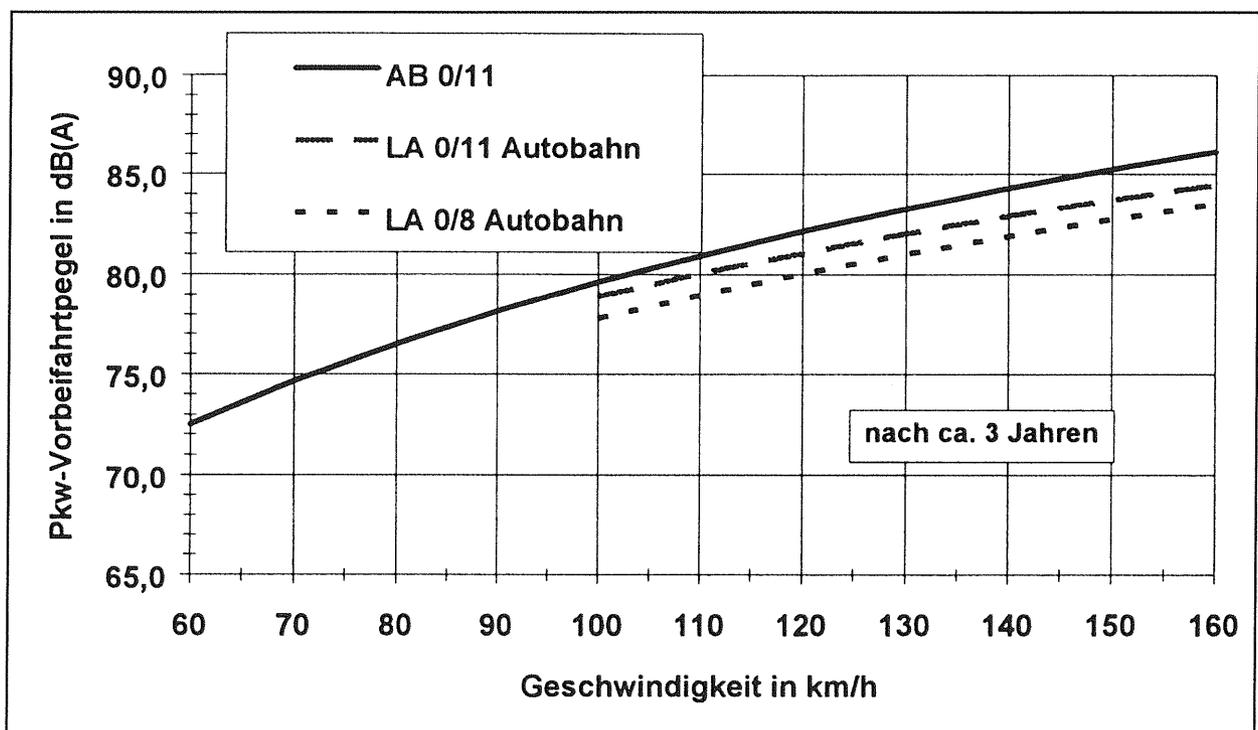


Bild 5: Mittlere Pkw-Vorbeifahrtpegel in 7,5 m Entfernung an der Vergleichsdeckschicht AB 0/11 sowie an etwa 3 Jahre alten offenporigen Asphaltdeckschichten 0/8 und 0/11 der Autobahn-Erprobungsstrecken in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

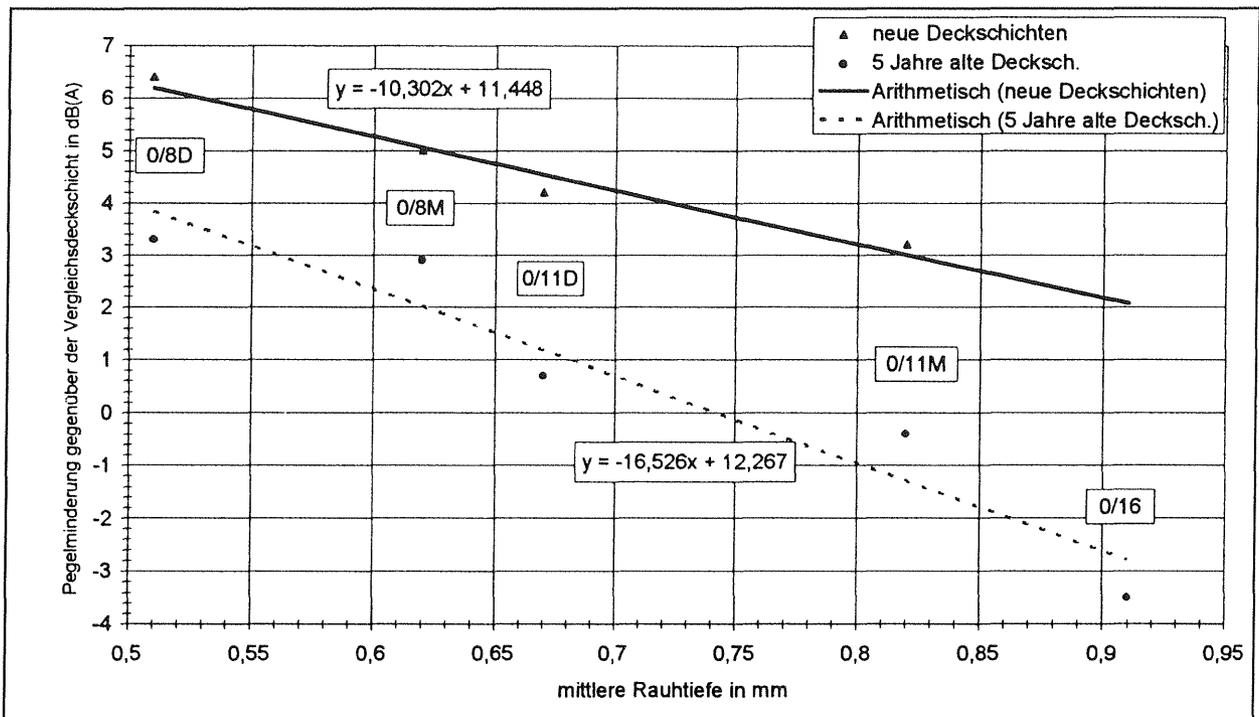


Bild 6: Mittlere Pegelminderung durch neue und 5 Jahre alte Deckschichten LA 0/8D, 0/8M, 0/11D, 0/11M und 0/16D in Abhängigkeit von der mittleren Rauhtiefe jeder Deckschichtgruppe

- Witterungseinflüsse,
- Deckschichtenbauweise,
- Herstellung,
- Art der Mineralstoffe,
- Bindemittel und Zusammensetzung,
- Straßenerhaltung und Winterdienst

5.2.1 Messungen auf den Erprobungsstrecken

5.2.1.1 Verformungsbeständigkeit

Auf den Erprobungsstrecken mit ihren einzelnen Abschnitten wurde an allen je Abschnitt vorgesehenen Meßprofilen die Verformungsbeständigkeit durch Querfilmmessungen erfaßt. Während die Erstmessung das fertigungsbedingte Querprofil zeigt, erfassen die bis zu 5 Folgemessungen die zeitliche Veränderung der Oberfläche. Um ergänzende Aussagen über den Verschleiß und die Verformung treffen zu können, wurden zusätzliche zerstörungsfreie Schichtdickenmessungen durchgeführt.

Vergleicht man über die Nutzungsdauer hinweg die mittleren Dickenänderungen bei allen offenporigen Erprobungsabschnitten mit den Mittelwerten der Vergleichsabschnitte AB 0/11, so unterscheiden sich nach mehrjähriger Nutzungsdauer die Ergebnisse nur geringfügig.

Die Querprofile der offenporigen Asphaltdeckschichten haben sich nach etwa 6 Jahren Nutzungsdauer nur geringfügig verändert. Innerhalb der bautechnischen Nutzungsdauer sind bei keinem Abschnitt ausgeprägte Spurrinnen aufgetreten.

Insgesamt wiesen die offenporigen Asphaltdeckschichten der Erprobungsabschnitte damit auch nach etwa 6jähriger Nutzungsdauer keine Verformungen auf.

5.2.1.2 Texturmessungen

Die Textur der Oberfläche wurde mit dem TRL-Texture-Meter, das mit Lasersensoren ausgerüstet ist, kontinuierlich erfaßt, da das Sandflächenverfahren bei offenporigen Asphaltdeckschichten nur bedingt anwendbar ist.

Die mittlere Texturtiefe als Indikator zur Bewertung der Kornausbrüche steigt mit der Nutzungsdauer der offenporigen Asphaltdeckschichten an. Der Anstieg der mittleren Texturtiefe verläuft bei der Gruppe offenporiger Asphaltdeckschichten 0/8 etwas schneller als bei den offenporigen Asphaltdeckschichten 0/11. Nach 5 Jahren Nutzungsdauer zeigen beide Mischgutarten annähernd den gleichen Texturwert von 0,8 mm, gemittelt über alle Erprobungsabschnitte. Bei den Vergleichsabschnitten mit AB 0/11 waren im Verlaufe der Nutzungsdauer

nur unwesentliche Änderungen feststellbar. Hier ergab sich nach 5 Jahren Nutzungsdauer ein Wert von 0,3 mm.

5.2.1.3 Griffigkeitsverhalten

Zur Beurteilung des Beitrages der Oberflächeneigenschaften im Hinblick auf die Griffigkeit wurden verschiedene Meßverfahren auf den Erprobungsstrecken eingesetzt. Auf allen Erprobungsstrecken wurde der Gleitbeiwert jährlich mit dem Stuttgarter Reibungsmesser gemessen. Zusätzlich wurden vereinfachte Griffigkeits- und Rauheitsmessungen mit dem Pendelgerät und Ausflußmesser nach Moore sowie einem modifizierten Ausflußmesser durchgeführt.

Als Bewertungsgrundlage für die Griffigkeitswerte für die Meßgeschwindigkeiten bei 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h diente das „Merkblatt über die Straßengriffigkeit und Verkehrssicherheit bei Nässe“ mit dem PIARC Reifen [13].

Bei der Entwicklung der Griffigkeiten offenporiger Asphaltdeckschichten wird zunächst eine relativ geringe, aber bezogen auf den Richtwert des Bewertungshintergrundes gemäß Merkblatt, ausreichende Griffigkeit festgestellt. Nach einem Jahr Nutzungsdauer sind bei allen Beobachtungsstrecken unabhängig vom Größtkorn wesentlich höhere Gleitbeiwerte gemessen worden. Maßgebend für diese Entwicklung dürfte das Abfahren des Mörtelfilmes durch den Verkehr sein.

Nach einer Nutzungsdauer von nunmehr etwa 6 Jahren liegen die Gleitbeiwerte, gemessen mit dem blockierten Schlepprad, in der Regel unabhängig vom Größtkorn und von der Geschwindigkeit immer noch deutlich über den Richtwerten des genannten Merkblattes. Im Bereich höherer Geschwindigkeiten wurden bei offenporigen Asphaltdeckschichten hohe Gleitbeiwerte (z. T. höher als bei den Vergleichsabschnitten) gemessen, während im Bereich von niedrigen Geschwindigkeiten geringere Werte als bei herkömmlichen Deckschichten gemessen wurden.

Untersuchungen mit anderen Methoden zur Charakterisierung der Griffigkeit, z. B. durch Kraftschlußbeiwert-Schlupf-Kurven, ermittelt vom Institut für Fahrzeugtechnik der TH Darmstadt, bestätigen die relativ geringfügigen Unterschiede zwischen offenporigen Asphaltdeckschichten und konventionellen Bauweisen.

Es empfiehlt sich, hochwertige Edelsplitle mit hoher Polierresistenz und Kornfestigkeit zu verwenden.

5.2.1.4 Wasserdurchlässigkeit

Die Wasserdurchlässigkeit stellt eine charakteristische Eigenschaft offenporiger Asphaltdeckschichten dar. Um bei offenporigen Asphaltdeckschichten die Dränwirkung in situ überprüfen zu können, mußte zunächst ein geeignetes Meßverfahren entwickelt werden. Auf der Grundlage der österreichischen RVS 8. 06. 28 [14] für lärmindernde Dränasphalte und eines Schweizer Gerätes, das seit mehr als 7 Jahren eingesetzt wird, wurde auf Veranlassung der Untergruppe „Lärmindernde Straßendecken im Innerortsbereich“ in Anlehnung an das Schweizer Gerät im Baureferat „Tiefbau“ der Landeshauptstadt München ein Meßgerät „Typ T 2 M“ zur Bestimmung der Durchlässigkeit von offenporigen Asphaltdeckschichten entwickelt.

Zur Ermittlung der hinsichtlich der Lärminderung wirksamen Anteile des zugänglichen Hohlraumsystems wird an Ort und Stelle der Wasserablauf aus einem Meßzylinder in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Da das Gerät zu den Einbauterminen der 13 Erprobungsstrecken noch nicht konzipiert war, liegen keine Ergebnisse im Neubaugustand vor. Im Neubaugustand wurde mit dem modifizierten Gerät nach Moore gearbeitet [15].

Die Ergebnisse der Durchlässigkeitsmessungen zeigen, daß die offenporigen Asphaltdeckschichten der Erprobungsabschnitte nach 2 bis 3 Jahren Nutzungsdauer noch ein hohes dränwirksames Potential aufwiesen.

Danach nimmt mit zunehmender Nutzungsdauer jedoch die Durchlässigkeit bei der Mehrzahl der Erprobungsabschnitte mehr oder weniger stark ab. Die Ursachen liegen im wesentlichen in der Verschmutzung der Fahrbahn. Im allgemeinen ergeben sich in den Rollspuren um etwa 20 % bessere Durchlässigkeitswerte als in den Fahrbahnmitten.

Offenporige Asphaltdeckschichten auf schnell befahrenen Straßen mit ausreichendem Quergefälle und guter Entwässerung zeigen höhere Durchlässigkeitswerte als der Mittelwert aller Erprobungsabschnitte. Offenporige Asphaltdeckschichten auf weniger schnell befahrenen Straßen, die zudem noch von landwirtschaftlichen Fahrzeugen genutzt werden, zeigen nach kurzer Nutzungsdauer geringere Durchlässigkeitswerte.

5.2.2 Laboruntersuchungen

Auf allen Erprobungsabschnitten wurden 1991 entsprechend einer 3- bis 5jährigen Nutzungsdauer Bohrkerne entnommen, um unter anderem mögliche Veränderungen der Bindemittel- und Mischguteigenschaften zu untersuchen. Diese Untersuchungen konzentrierten sich vor allem auf die Veränderung der Bindemittelleigenschaften gegenüber dem Einbauzustand, ermittelt mit folgenden Prüfverfahren: Nadelpenetration, Brechpunkt nach Fraaß, Erweichungspunkt Ring und Kugel, Duktilität, Dichte, Viskosität.

Dieser Untersuchungskomplex ergänzt die unmittelbar nach dem Einbau im Rahmen von Kontrollprüfungen durchgeführten Untersuchungen an Mischgut und Bohrkernen, wie Mischgutzusammensetzung sowie Bestimmung der Raumdichte, der Rohdichte, des Hohlraumgehaltes und der Wasserschluckwerte.

Im Rahmen dieses Ergebnisberichts wird nur auf die Mischgut- und Bindemitteluntersuchungen sowie auf die Bestimmung des Hohlraumgehaltes und des Wasserschluckwertes eingegangen.

5.2.2.1 Mischgutuntersuchungen

Gegenüber den Kontrollprüfungsergebnissen und Meßergebnissen vor Verkehrsübergabe läßt sich nach einer Nutzungsdauer von 3 bis 5 Jahren folgendes feststellen:

- Der Gesamtsplittanteil > 2 mm liegt bei der Mehrzahl der Erprobungsstrecken bis zu 3 Gew.-% unterhalb der Ausgangsdaten der Erstmessung. Eine leichte Kornverfeinerung war in der Regel feststellbar.
- Innerhalb des Sandbereiches können sowohl Unter- als auch Überschreitungen der Sollwerte festgestellt werden. Eine eindeutige Tendenz ist hier nicht erkennbar.
- Für die Fülleranteile ergaben sich sowohl für die Einzelergebnisse als auch in der Gesamtbeurteilung Überschreitungen bis zu 3 Gew.-% gegenüber den Ausgangswerten.
- Gegenüber dem Neubauzustand wurde im Mittel eine Abnahme des Bindemittelgehaltes von etwa 0,5 Gew.-% festgestellt.

Die Ergebnisse der Kontrollprüfungen am Mischgut der offenporigen Asphaltdeckschichten zeigen, daß bis auf wenige Ausnahmen von Unter- bzw. Überschreitungen die Anforderungen der ZTV As-

phalt-StB unter Einbeziehung der Toleranzen erfüllt werden.

5.2.2.2 Bindemitteluntersuchungen

Bei offenporigen Asphaltdeckschichten verhärtet das Bindemittel sehr schnell. Das äußert sich vor allem an den Straßenoberflächen. Alle rückgewonnenen und untersuchten Bindemittel unterlagen einem Alterungsprozeß. Dies läßt sich an erhöhten Werten für den Erweichungspunkt Ring und Kugel (RuK) und für den Brechpunkt nach Fraaß sowie an den Verminderungen des Penetrationswertes erkennen. Darüber hinaus konnte tendenziell festgestellt werden, daß die Verhärtung mit steigendem Hohlraumgehalt offenporiger Asphaltdeckschichten ansteigt.

Signifikante Unterschiede im Alterungsverhalten der Bindemittelarten wurden nicht ermittelt. Polymermodifizierte Bindemittel und Sonderbindemittel zeigten sowohl bei den offenporigen Asphaltdeckschichten als auch bei den Vergleichsabschnitten AB 0/11 kein wesentlich anderes Verhalten gegenüber den Straßenbaubitumen nach DIN 1995.

Wenn bei Bindemitteln von Erprobungsabschnitten ein schneller Anstieg des Erweichungspunktes oder sehr verminderte Penetration gegenüber dem Ausgangszustand festgestellt wurde, ergaben sich schon nach relativ kurzer Nutzungsdauer Hinweise auf das bald zu erwartende Ende der baulichen Nutzungsdauer.

5.2.2.3 Hohlraumgehalt und Wasserschluckwert

Die ermittelten Hohlraumgehalte wurden nach DIN 1996 Teil 7 aus den geometrischen Abmessungen und dem Gewicht der Bohrkerne berechnet, wobei die Zylinderflächen der Bohrkerne vorher planparallel geschliffen worden sind.

Während bei allen Vergleichsabschnitten AB 0/11 im Verlaufe des Beobachtungszeitraumes eine geringfügige Abnahme der Hohlraumgehalte feststellbar ist, gilt diese Aussage nur tendenziell bei den offenporigen Asphaltdeckschichten LA 0/8 und LA 0/11.

Die Bestimmung der Wasserschluckwerte werden an Bohrkernen \varnothing 150 mm auf der Grundlage der DIN 18035 Teil 6 durchgeführt.

Das Wasserschluckvermögen der offenporigen Asphaltdeckschichten nimmt mit der Nutzungsdauer sehr schnell ab. Die Abnahme des Wasserschluck-

wertes ist umso höher, je größer das Größtkorn des Mischgutes ist. Innerhalb der bautechnischen Nutzungsdauer einer offenporigen Asphaltdeckschicht nimmt der Hohlraumgehalt allerdings wesentlich langsamer ab als das Wasserschluckvermögen. Eine Korrelation zwischen Hohlraumgehalt und Wasserschluckvermögen oder zwischen deren Änderung besteht nicht.

5.3 Straßenunterhaltung und -betrieb

Die Ausführungen dieses Abschnitts umfassen inhaltlich die Aspekte

- Winterdienst,
- Verkehrssicherheit und
- Reinigung

offenporiger Asphaltdeckschichten.

Sie basieren auf den Ergebnissen der während der Projektgruppenarbeit durchgeführten eigenen Erhebungen der BAST, insbesondere zur Durchführung des Winterdienstes, der Auswertung der (vorwiegend) ausländischen Literatur, dem Erfahrungsaustausch mit den ausländischen Fachkollegen, insbesondere aus Österreich, Frankreich, Belgien und den Niederlanden, sowie zwei begleitenden Forschungsaufträgen.

Der Forschungsauftrag „Winterdienst auf Deckschichten aus Dränasphalt im Vergleich zu herkömmlichen Deckschichten“ [16] wurde vom Institut für Straßenentwurf und Straßenbetrieb der TH Darmstadt durchgeführt und im September 1991 abgeschlossen. Der Forschungsauftrag „Erhaltung der Funktionen Lärminderung und Entwässerung offenporiger Deckschichten“ [17] ist als Langzeitversuch über 5 Jahre ausgelegt und wird vom Ingenieurbüro Durth Roos Consulting durchgeführt. Er ist gegenwärtig noch nicht abgeschlossen.

5.3.1 Winterdienst

Streckenabschnitte mit offenporigen Asphaltdeckschichten stellen ebenso wie etwa Brücken, hohe Dämme oder Waldschneisen einen Bruch in der Beschaffenheit der Straße dar; die gegenüber den angrenzenden Streckenabschnitten geänderten thermischen Eigenschaften können zu einem andersartigen Verhalten der Deckschichten bei winterlichen Witterungsbedingungen führen.

Das unterschiedliche Verhalten erfordert unter Umständen einen modifizierten Winterdienst, da ein für den Kraftfahrer überraschend auftretender anderer

Fahrbahnzustand ein besonderes Gefahrenpotential darstellt. Die durch einen geänderten Winterdienst möglicherweise entstehenden Kostenänderungen im Betriebsdienst sind in eine Gesamtbewertung der offenporigen Asphaltdeckschichten einzubeziehen.

Die bisherigen Untersuchungen, die allerdings in einer Periode milder Winter durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß der Winterdienst auf offenporigen Asphaltdeckschichten mit mäßigem Zusatzaufwand beherrscht werden kann. Dieser Zusatzaufwand betrifft vorwiegend die Organisation und Durchführung des Winterdienstes. Da die offenporigen Deckschichten schneller auskühlen als dichte Deckschichten, müssen sie früher gestreut werden. Bei entsprechender Witterung sind in seltenen Fällen Sondereinsätze erforderlich, die allerdings auch auf anderen glättegefährdeten Abschnitten durchgeführt werden müssen.

Um das mit dem schnelleren Auskühlen verbundene größere Risiko einer gefährlichen Glättebildung auszugleichen, wurden Hinweise zur Durchführung des Winterdienstes erarbeitet. Das Bundesministerium für Verkehr hat diese Hinweise den Straßenbauverwaltungen der Länder bekanntgegeben.

Der Mehrverbrauch an Streusalz ist als geringfügig einzustufen, da sich Vorteile der offenporigen Asphaltdeckschichten bei bestimmten Witterungsbedingungen und Nachteile bei anderen Wetterlagen ausgleichen. Aufgrund der milden Winter während der Erprobungsdauer und der dadurch bedingten geringen Zahl der Beobachtungen kann der Mehrverbrauch nicht sicher quantifiziert werden.

Ob strengere Winter einen erheblichen Mehrverbrauch zur Folge haben, kann nicht zuverlässig abgeschätzt werden. Solange nicht erhebliche Anteile des Gesamtnetzes mit offenporigen Asphaltdeckschichten ausgestattet sind, dürfte der Mehrverbrauch bezogen auf dieses Gesamtnetz und bezogen auf eine mittlere Winterstrenge ebenfalls als geringfügig einzustufen sein.

5.3.2 Verkehrssicherheit

Der Einfluß einer Maßnahme auf die Verkehrssicherheit hat grundlegende Bedeutung für die Bewertung jeglicher Maßnahmen zur baulichen oder betrieblichen Veränderung bestehender Straßen. Für die ursprünglichen 13 Erprobungsstrecken an den Außerortsstraßen ergab eine überschlägige Abschätzung, daß wegen der Kürze dieser Strecken über die gesamte vorgesehene Beobachtungs-

dauer auch dann keine nennenswerten Unfall-Gesamtzahlen zusammenkämen, wenn diese von allen Strecken gemeinsam betrachtet würden. Zudem erschien ein solches Vorgehen aufgrund der großen Unterschiede in der Verkehrs- und Streckencharakteristik der Erprobungsstrecken als nicht zielführend. Es wurde daher zunächst auf eine Unfallheberhebung verzichtet.

Nachdem in einer Einzeluntersuchung erheblich gestiegene Unfallziffern behauptet wurden, wurde die Frage der Verkehrssicherheit offener Deckschichten erneut aufgeworfen. Zudem waren außerhalb des Erprobungsprogramms in der Zwischenzeit weitere, längere Streckenabschnitte gebaut worden, die ein größeres Gesamtkollektiv an Unfällen erwarten ließen. Ein entsprechender Antrag an den Bereich Unfallforschung der BAST führte zu dem Vorschlag, eine detaillierte Unfalluntersuchung im Sinne einer Vorher-Nachher-Untersuchung mit Kontrollgruppe durchzuführen.

Wegen der Unterschiede bei den Unfallaufzeichnungen in den einzelnen Bundesländern sollten in einer Vorstufe die Unfälle nach einheitlichen Kriterien erhoben werden, um eine einheitliche Datenbasis zu schaffen. Dieses Vorgehen schien geboten, da auch bei der größeren Zahl verfügbarer Strecken nur mit einem relativ kleinen Unfallkollektiv zu rechnen war. Da jedoch trotz erheblicher Kosten keine signifikanten Aussagen zum Einfluß offener Asphaltdeckschichten auf die Verkehrssicherheit zu erwarten waren, wurde auf eine detaillierte Unfalluntersuchung im Sinne einer Vorher-Nachher-Untersuchung mit Kontrollgruppe verzichtet.

Im Rahmen der Untersuchung des Institutes für Straßenentwurf und Straßenbetrieb der TH Darmstadt „Winterdienst auf Deckschichten aus Dränasphalt im Vergleich zu herkömmlichen Deckschichten“ [16] wurden Unfalluntersuchungen durchgeführt, die die genannten Thesen bestätigen.

Für die ausgewählte Untersuchungsstrecke hat sich das Unfallgeschehen durch den Einbau der offener Asphaltdeckschicht nicht wesentlich verändert. Weder ist eine allgemeine Veränderung der Unfallraten festzustellen, noch treten bestimmte Unfalltypen besonders in Erscheinung. Auch bei der Betrachtung der Unfälle bei Nässe und Glätte ergeben sich keine Unterschiede zur Kontrollstrecke. Vor einer Verallgemeinerung dieser Aussagen sind jedoch noch weitere Untersuchungen notwendig.

5.3.3 Reinigung

Mit dem durch die offener Asphaltdeckschichten abfließenden Niederschlags- und Schmelzwasser werden auch die Schmutzpartikel, die sich in Form von Reifen- und Fahrbahnabrieb, verlorener Ladung und angewehem Schmutz auf der Fahrbahnoberfläche abgelagert haben, in die Decke eingespült. Detaillierte Untersuchungen zum Verschmutzungsverhalten liegen bisher nicht vor. Allgemein ist aber davon auszugehen, daß der Schmutz nicht vollständig mit dem Wasser wieder ausgeschwemmt wird, sondern sich im Laufe der Zeit in den Poren absetzt; dadurch werden diese allmählich verstopft. Die Dauer dieses Prozesses ist von vielerlei Faktoren abhängig, neben Verkehr und Geschwindigkeit auf der Strecke, unter anderem

- von der Größe und Gestalt der Poren,
- von der Größe und Gestalt der Schmutzpartikel und
- von dem Verhältnis von Schmutzmenge und (reinigender) Wassermenge.

Der Verschmutzung wirkt ein gewisser Reinigungseffekt entgegen. Die überrollenden Reifen verursachen einen Sog- und Pumpeffekt durch Dekompression der Luft, die in den Hohlräumen zusammengepreßt worden ist; durch diesen wird das in den Poren stehende Schmutz-Wasser-Gemisch an die Oberfläche oder in den Poren weiterbefördert, so daß sich entstandene Verstopfungen wieder lösen können.

Über den Umfang dieses Reinigungseffektes liegen ebenfalls keine hinreichenden Erfahrungen vor, insbesondere nicht über das wechselseitige Verhältnis von Verschmutzung und Selbstreinigung in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung. Eine mögliche Annahme ist die, daß nach Erreichen eines bestimmten Verschmutzungsgrades sich eine Art Gleichgewichtszustand einstellt, bei dem sich Verschmutzung und Reinigung die Waage halten [18].

Mit dem Ziel zu untersuchen, ob durch regelmäßige Reinigung der Verschmutzung entgegengewirkt und die Funktionen Lärminderung und Entwässerung offener Asphaltdeckschichten dauerhaft erhalten werden können, hat das Bundesministerium für Verkehr einen Forschungsauftrag vergeben [17]. Die Untersuchung ist als Langzeitversuch über einen Zeitraum von fünf Jahren vorgesehen und wird voraussichtlich Ende 1996 abgeschlossen.

6 Zusammenfassende Bewertung

In der Bundesrepublik Deutschland wurden von 1986 bis 1993 offenporige lärmindernde Asphaltdeckschichten systematisch erprobt. Im Rahmen dieser Erprobung wurden Deckschichtdicke, Bindemittelsorte, Bindemittelmenge, Zusätze, Größtkorn, Mischgutzusammensetzung und Hohlraumgehalt variiert. Beobachtet und gemessen wurden die Veränderung des Zustandes und der lärmmin-dernden Wirkung.

Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes offenporiger Asphaltdeckschichten sollten zuverlässiger als bisher abgeschätzt werden können.

In dem „Merkblatt für den Bau offenporiger Asphaltdeckschichten“, Ausgabe 1991, das Anwendung, Baugrundsätze, Baustoffe und Baustoffgemische, Ausführung und Prüfung beschreibt [19], konnten bisher nur erste Ergebnisse über Herstellung und Einbau berücksichtigt werden. Die nunmehr vorliegenden neueren Erkenntnisse sollen eingearbeitet werden.

6.1 Lärmindernde Wirkung

Durch die Untersuchungen an offenporigen, hohlraumreichen Asphaltdeckschichten auf einbahnigen Straßen und Autobahnen sollte festgestellt werden, welche Minderungen der Vorbeifahrtpegel von Pkw gegenüber herkömmlichen Deckschichten aus Asphaltbeton 0/11 erzielbar sind und über welchen Zeitraum die Minderungen wirksam bleiben. Es wurde folgendes gefunden:

- Im Neuzustand sind offenporige Deckschichten mit einem Größtkorn von 11 mm um etwa 3 dB(A) leiser als solche aus Asphaltbeton 0/11, Deckschichten mit einem Größtkorn von 8 mm um etwa 5 dB(A).
- Die Wirksamkeit einer hohlraumreichen Deckschicht ist im Neuzustand in erster Näherung proportional zum Hohlraumgehalt und umgekehrt proportional zum Größtkorndurchmesser und zum Größtkornanteil. Daher ist für eine hohe Lärminderung ein hoher Hohlraumgehalt bei kleinem Größtkorndurchmesser und nicht allzu hohem Größtkornanteil anzustreben. Die Schichtdicke sollte zwischen 3 cm und 6 cm liegen.
- Die anfängliche Minderung bleibt etwa zwei Jahre erhalten, nimmt dann aber stetig ab. An einbahnigen Straßen hat LA 0/11 nach fünf bis

sechs Jahren seinen Vorteil gegenüber Asphaltbeton 0/11 verloren. Die Wirkung von LA 0/8 ist auf etwa 3 dB(A) zurückgegangen. 2,5 bis 3,5 Jahre alte offenporige Asphaltdeckschichten auf Autobahnen haben noch eine Pegelminderung gegenüber Deckschichten aus AB 0/11 von rund 1 dB(A) bei LA 0/11 und rund 2 dB(A) bei LA 0/8.

6.2 Zusammenhang zwischen bautechnischer Nutzungsdauer, Hohlraumgehalt und Lärminderung

Eine Gesamtbetrachtung der Ergebnisse macht Zusammenhänge zwischen Hohlraumgehalt, Lärminderung und bautechnischer Nutzungsdauer deutlich. Eine Reihe offenporiger Deckschichten – insbesondere mit dem Größtkorn von 8 mm und einem Hohlraumgehalt von mehr als 20 Vol.-% – zeigte anfangs hohe Lärminderungswerte, jedoch eine unbefriedigende bautechnische Nutzungsdauer. Deckschichten mit größerem Größtkorn – beispielsweise 16 mm – und einem Hohlraumgehalt von unter 15 Vol.-% waren in ihrer Lärminderung unbefriedigend, in ihrer bautechnischen Nutzungsdauer jedoch günstiger zu beurteilen.

Folgende Klassifizierung der Erprobungsstrecken läßt sich aus den vorliegenden Ergebnissen herausarbeiten:

- In Gruppe 1 werden offenporige Asphaltdeckschichten mit einem Hohlraumgehalt von 15 bis 18 Vol.-% und einem Größtkorn von 11 und 16 mm zusammengefaßt. Ihre Lärminderung ist nicht hoch, ihre bautechnische Nutzungsdauer jedoch gut.
- Gruppe 2 enthält die offenporigen Asphaltdeckschichten mit einem Hohlraumgehalt von 17 bis 20 Vol.-%. Ihre Lärminderung ist kaum ausreichend, ihre Nutzungsdauer befriedigend.
- In Gruppe 3 werden die offenporigen Asphaltdeckschichten mit einem Hohlraumgehalt > 20 Vol.-% und einem Größtkorn von 8 mm bis 11 mm eingeordnet. Ihre Lärminderung ist zu Beginn gut und auch über die bautechnische Nutzungsdauer befriedigend; die bautechnische Nutzungsdauer ist nicht ausreichend lang.

Aufgrund der Beobachtungen und Messungen auf den Erprobungsstrecken und Untersuchungen im Labor kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt festge-

stellt werden, daß eine Reihe von Erprobungsstrecken die bautechnische Nutzungsdauer erreicht oder überschritten, aber auch deren Lärmminde- rung vielfach erheblich abgenommen hat. Die Ver- kürzung der bautechnischen Nutzungsdauer resul- tiert vor allem aus der Verhärtung des Bindemittels, die infolge des hohen Hohlraumgehaltes wesent- lich rascher vor sich geht als bei Asphaltdeck- schichten nach den ZTV Asphalt-StB.

Allerdings sind in einigen Fällen am Ende der bau- technischen Nutzungsdauer noch Lärmminde- rungen gegenüber den Regelbauweisen erhalten geblieben. Gründe für den Verlust der lärmminde- renden Wirksamkeit und das frühzeitige Ende der Nut- zung liegen insbesondere in der zunehmenden Ver- schmutzung des zugänglichen Porensystems sowie in der Veränderung der Oberfläche durch Kornausbrüche und damit Änderung der Textur.

6.3 Wasserdurchlässigkeit und Griffigkeit

Die „innere Abflußleistung“ einer offenporigen Deckschicht war im Neuzustand im allgemeinen gut. Sie nahm nach zwei bis drei Jahren bei der Mehrzahl der Erprobungsabschnitte ab. Die Durch- lässigkeitsunterschiede über einen Querschnitt wa- ren erheblich.

Die Griffigkeit stieg innerhalb des ersten Jahres nach Verkehrsübergabe an und nahm dann ab.

Im Bereich höherer Geschwindigkeiten wurden tendenziell höhere Gleitbeiwerte, im Bereich niedri- gerer Geschwindigkeiten geringere Gleitbeiwerte als bei herkömmlichen Asphaltdeckschichten ge- messen. Es muß jedoch noch untersucht werden, inwieweit der nach dem „Merkblatt über die Stra- ßengriffigkeit und Verkehrssicherheit bei Nässe“ geltende Bewertungshintergrund für geschlossene Asphaltdeckschichten auf offenporige Asphalt- deckschichten übertragbar ist.

6.4 Betrieb

Winterdienst

Der Winterdienst auf offenporigen Asphaltdeck- schichten kann mit mäßigem Zusatzaufwand, der vorwiegend Organisation und Durchführung be- trifft, beherrscht werden. Offenporige Deckschich- ten kühlen schneller (und länger) aus als geschlos- sene; daher muß unter Umständen früher und öfter gestreut werden. Sondereinsätze sind auf offenpo- rigen Deckschichten nur dann notwendig, wenn

solche auch auf anderen glättegefährdeten Ab- schnitten erforderlich sind [20].

Der Mehrverbrauch an Streusalz war im Beobach- tungszeitraum mit seinen milden Wintern als ge- ringfügig einzustufen. Ob strengere Winter einen erheblichen Mehrverbrauch nach sich ziehen, kann nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Reinigung

Untersuchungen zur Reinigung von offenporigen Asphaltdeckschichten mit dem Ziel, die Vorteile der Lärmminde- rung und Entwässerung dauerhaft zu erhalten, sind angelaufen und konnten noch nicht abgeschlossen werden. Nach den bisherigen Er- fahrungen ist der Reinigungserfolg auf Fahrbahnen eher als gering einzustufen. Müssen die Reini- gungen zur Aufrechterhaltung der Wirksamkeit mehr- mals jährlich vorgenommen werden, stellen sie eine erhebliche Beeinträchtigung des Verkehrs insbe- sondere auf schnell befahrenen und hochbelasteten Strecken dar.

6.5 Kosten

Die Herstellungskosten der untersuchten offenpori- gen Asphaltdeckschichten waren höher als bei dichten Deckschichten aus Asphaltbeton oder Splittmastixasphalt. Sie sind jedoch nicht mit den Herstellungskosten der Regelausführungen größe- rer Länge vergleichbar, da hier nur kurze, bis zu 300 m lange Abschnitte mit wechselnder Mischgut- zusammensetzung ausgeführt wurden und die aus- führenden Unternehmen vielfach erste Erfahrungen mit der Mischgutherstellung und dem Einbau sam- meln mußten.

Hinzu kommt:

- Offenporige Asphaltdeckschichten setzen eine zusätzliche Abdichtung der Unterlage voraus.
- Bei seitlichen Randeinfassungen, bei gering ge- neigter Fahrbahn und vor Bauwerken werden zu- sätzliche Entwässerungseinrichtungen benö- tigt.
- Das Mineralstoffgemisch muß eine besondere Zusammensetzung aufweisen und die Gesteine müssen hohen Anforderungen an Polierresistenz und Kornform entsprechen.
- Für die Mischgutherstellung werden in der Regel Spezialbindemittel verwendet.

Die Nutzungsdauer der offenporigen Asphaltdeck- schichten auf den Untersuchungsstrecken betrug nur ein Drittel bis zur Hälfte der Nutzungsdauer her-

kömmlicher dichter Deckschichten aus Asphaltbeton oder Splittmastixasphalt, so daß offenporige Asphaltdeckschichten nach derzeitigem Erkenntnisstand häufiger erneuert werden müssen; dies hat zusätzliche Baustellen mit den zu erwartenden Verkehrsbehinderungen zur Folge.

Mehrkosten des Winterdienstes sind nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen insbesondere im Hinblick auf den geringen Anteil offenporiger Asphaltdeckschichten am gesamten Straßennetz unerheblich.

Für eine wirksame Reinigung der offenporigen Asphaltdeckschichten steht nach heutigen Erkenntnissen zwar noch kein geeignetes Verfahren zur Verfügung. Es ist aber zu erwarten, daß beim Reinigen neben der erheblichen Beeinträchtigung des Verkehrs auch höhere Betriebskosten anfallen.

6.6 Wirtschaftlichkeit aktiver Lärmschutzmaßnahmen

Für aktive Maßnahmen zum Schutz vor Straßenverkehrslärm werden erhebliche Mittel mit steigender Tendenz ausgegeben. Es ist daher erforderlich, Lösungsmöglichkeiten zu suchen, die bei gesamtwirtschaftlicher Betrachtung besonders günstig sind. Trotz der bekannten Nachteile können offenporige Asphaltdeckschichten hierbei wirtschaftliche Ergänzungen der Lärmschutzmaßnahmen sein und sollten daher unter Berücksichtigung der Bau- und Betriebskosten bei kombinierten Maßnahmen als Alternative in die Planungen einbezogen werden. Denn im Vergleich zu Ingenieurbauwerken wie Tunnel, Einhausungen und Galerien mit hohen Herstellungs- und Folgekosten oder zur Höhenbegrenzung von Lärmschutzwänden aus städtebaulichen oder landschaftsgestalterischen Gründen kann diese Bauweise gesamtwirtschaftlich zu einer günstigeren Lösung beitragen.

6.7 Weiteres Vorgehen

Folgenden Fragen ist weiter nachzugehen:

1. Hohlraumreiche Asphaltdeckschichten mit Hohlraumgehalten > 20 Vol.-%. Es soll erneut versucht werden, hohlraumreiche Asphaltdeckschichten (Hohlraumgehalt > 20 Vol.-%) mit einem Größtkorn von 8 mm, jedoch höchstens mit 11 mm, so zu verbessern, daß eine ausreichend lange Nutzungsdauer und eine während der Nutzungsdauer befriedigende Lärminderung erzielt werden.

2. Die lärmindernde Wirkung bei Schwerverkehr. Das Verkehrsgeräusch von Autobahnen und Bundesstraßen wird wesentlich durch den Schwerverkehr bestimmt. Es ist nicht sicher, daß die lärmindernde Wirkung offenporiger Deckschichten bei Lkw dieselbe ist wie bei Pkw.
3. Die Kombination von offenporiger Deckschicht und Lärmschutzwand. Wegen des Fehlens hoher Frequenzen im Verkehrslärmspektrum können die Minderungen offenporiger Deckschichten und von Lärmschutzwänden nicht addiert werden. Die Kombinationswirkung ist geringer als die Summe der Einzelwirkungen.
4. Verbesserung der Prognose der Lärmemission von Straßen mit offenporigen Deckschichten. Der Zusammenhang zwischen Lärminderung, Textur, Hohlraumgehalt und anderen bautechnischen Parametern ist weiter zu erforschen.

Zu den hohlraumreichen Asphaltdeckschichten mit Hohlraumgehalten > 20 Vol.-% müssen insbesondere Versuche unternommen werden, den für die Zerstörung hohlraumreicher Deckschichten verantwortlichen Ursachen durch geeignete Maßnahmen entgegenzuwirken. Erprobungsstrecken, bei denen mit entsprechenden Bindemittelträgern modifizierte Bindemittel einbezogen werden sollen, werden in Kürze gebaut.

Da Straßenoberflächen selbst einen erheblichen Einfluß auf die Lärmemission haben [21], [22], sollen darüber hinaus in Zukunft vermehrt dichte Deckschichten im Hinblick auf eine Verbesserung der Oberflächentextur untersucht werden. Durch geeignete Fertigung der Oberflächen von Regelbauweisen oder Sonderbauweisen sowohl bei Deckschichtvarianten aus Asphalt als auch bei Zementbetondecken sollen Texturen so hergestellt werden, daß geringere Lärmpegel bei ausreichender Griffbarkeit erwartet werden können.

7 Literatur

- [1] ULLRICH, S.: Geräuschbelastung an klassifizierten Straßen – vergangene und zukünftige Entwicklung. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 41 (1994), Heft 4
- [2] LEUNER, D.: Langfristige Entwicklung der Geräuschbelastung in Bayern, Landesgewerbeanstalt Bayern, November 1992
- [3] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-90, herausgegeben durch das Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau, 1990
- [4] 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, Bundesgesetzblatt 1990, Teil 1, S. 1036–1052
- [5] Internationaler Erfahrungsaustausch über lärmindernde Straßendecken, 22. und 23. Oktober 1987, herausgegeben von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- [6] Messung des Schallabsorptionsgrades von Marshallprobekörpern offenerporiger Asphaltbeläge im Kundt'schen Rohr. Zwischenbericht, Bundesanstalt für Straßenwesen, August 1986
- [7] ULLRICH, S.: Der Einfluß von Fahrzeuggeschwindigkeit und Straßenbelag auf den energieäquivalenten Dauerschallpegel des Lärms von Straßen. *Acustica* 30 (1974), Heft 2, S. 90–99
- [8] Verfahren zur Messung der Geräuschemission von Straßenoberflächen GEstRO-92, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau, 1992
- [9] BASt-Bericht „Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen“ Lärmtechnik (S. ULLRICH, H. de VEER)
- [10] FiGE-Statusbericht „Lärmindernde Straßendecken“, Juli 1992 und Meßberichte 1993 (H. STEVEN)
- [11] ULLRICH, S., et al: Die Geräuschemission des Straßenverkehrs auf Fahrbahndeckschichten von Autobahnen – Teil 2: Die Pkw-Emissionen auf Asphaltdecken. Bundesanstalt für Straßenwesen, Februar 1994
- [12] BASt-Bericht „Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen“ (U. HALFMANN, C. RODER, G. HAAG)
- [13] Merkblatt über Straßengriffigkeit und Verkehrssicherheit bei Nässe, Ausgabe 1968, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln, bekanntgegeben durch Rundschreiben des Bundesministeriums für Verkehr vom 26. November 1969 – StB 9/2/13 – Id – 9072 Vms 69
- [14] Deckenarbeiten, Bituminöse Decken, Lärm-mindernde Drainasphalte. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau – RVS 8.06.28, Österreichische Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen im ÖIAV, Wien 1990
- [15] Arbeitsanweisung für kombinierte Griffigkeits- und Rauheitsmessungen mit dem Pendelgerät und dem Ausflußmesser, Ausgabe 1972, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln, eingeführt durch Rundschreiben des Bundesministeriums für Verkehr vom 27. November 1972 – StB 9138.56.05-36/9080 Vms 72 II
- [16] DURTH, BREUER, et al.: Winterdienst auf Deckschichten aus Drainasphalt im Vergleich zu herkömmlichen Deckschichten. Schlußbericht zum Forschungsauftrag FE 03.203 R89H, Sept. 1991
- [17] Bundesministerium für Verkehr: Erhaltung der Funktionen Lärminderung und Entwässerung offenerporiger Asphaltdeckschichten. Forschungsauftrag FE 03.237 R90L
- [18] CANISIUS, P.: Lärmindernde Straßendecken. *Straße + Autobahn* 40 (1989), Heft 7, Seiten 258 bis 261
- [19] Merkblatt für den Bau offenerporiger Asphaltdeckschichten, Ausgabe 1991, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), Köln
- [20] BASt-Bericht „Lärmindernde Fahrbahndecken. Betriebliche Belange offenerporiger Asphaltdeckschichten“ (J. BREITENSTEIN)

- [21] ULLRICH, S.: Das Reifen/Fahrbahn-Geräusch von Pkw auf querstrukturierten Zementbetondecken. Zweites internationales Symposium über Oberflächeneigenschaften von Fahrbahnen, Berlin, 23. bis 26. 6. 1992, Tagungsband, Seiten 59 bis 71
- [22] ULLRICH, S.: Kriterien für lärmindernde Straßendecken – Versuche zur Realisierung. Straßen und Verkehr 2000, Band 5 der Konferenzberichte der Internationalen Straßen- und Verkehrskonferenz in Berlin, 6. bis 9. September 1988, herausgegeben von der FGSV, Seiten 227 bis 232

