

# Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche

*Die Oberflächen von Strassen können mit geeigneten Massnahmen lärmtechnisch optimiert werden. Das trifft vor allem bei Deckschichten aus Gussasphalt zu, da diese Bauart eine Abstreuerung mit ausgewählten Splitten optimal zulässt. An Versuchsfeldern im Kanton Aargau wurde auf verschiedenen Arten von Deckschichten die Entwicklung der Lärmeigenschaften untersucht. Neben den effektiven Lärmeigenschaften konnten interessante Erkenntnisse im Zusammenhang mit der nach EN ISO normierten Lärmmessung gewonnen werden.*

Von Markus Caprez, Peter Trombik und Pascal Fleischer \*

Im Bereich des Strassenlärms, wo dieser durch die Belagstechnik beeinflusst werden kann, ist noch Verbesserungspotenzial zu erwarten. Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet sind sehr aktuell. In naher Zukunft sind verschiedene interessante Forschungsergebnisse zu erwarten.

Bei den Lärmmessungen wird zwischen Vorbeifahrt- und Nahfeldmessungen unterschieden. Obwohl die Vorbeifahrtsmessung den Vorteil hat, dass sie den gesamten Verkehrslärm wie Fahrzeuflärm von Motor und Chassis, Rollgeräusch der Reifen, von der Umgebung reflektierten Lärm aber auch den Umgebungslärm erfasst, hat sie auch einige Nachteile. Für die Beurteilung der Lärmeigen-

schaften der verschiedenen Beläge scheint die Nahfeldmessung besser geeignet zu sein. Allerdings werden mit der Vorbeifahrtsmessung die reflektierenden bzw. absorbierenden Eigenschaften besser erfasst. Die Resultate, die in diesem Bericht gezeigt werden, wurden durch Vorbeifahrtsmessungen erhoben.

Im Rahmen der Erneuerung des Aufbaues und der Deckschichten auf der A2 im Kanton Uri wurden verschiedene Fragen bezüglich der möglichen Optimierung des Deckbelages aktuell. Eine zentrale Frage dabei ist die Lärmeigenschaft der Deckschicht. Natürlich sind die Gebrauchsdauer und andere Nutzungseigenschaften auch von grosser Bedeutung. Mit der vorliegenden Studie fokussieren



\* Markus Caprez,  
dipl. Ing. ETH, Dr. sc. tech.,  
Institut für Geotechnik,  
Eidgenössische Technische  
Hochschule Zürich



\* Peter Trombik,  
dipl. Ing. ETH, Trombik  
Ingenieure AG, Zürich



\* Pascal Fleischer,  
dipl. Ing. ETH, Trombik  
Ingenieure AG, Zürich

## Caractéristiques du bruit des couches de roulement en comparaison avec de l'asphalte coulé à surface optimisée

*Les surfaces de chaussée peuvent être optimisées du point de vue du bruit. Cela concerne avant tout les couches de roulement en asphalte coulé, car ce matériau permet de choisir l'épandage de gravillon de manière optimale. Les caractéristiques du bruit de différents types de couches de roulement ont été examinées sur des surfaces d'essai dans le canton d'Argovie. En plus de ces caractéristiques effectives, d'autres connaissances intéressantes ont pu être acquises en rapport avec les mesures de bruit normalisées selon EN ISO.*



1: Fahrzeugpark für die Lärm-messungen.

1: Parc des véhicules pour les mesures de bruit.

wir jedoch hauptsächlich das Problem der Lärmeigenschaften verschiedener Arten von Deckschichten.

Das Ziel der Arbeit besteht darin, mit direkten Versuchen, die lärmtechnischen Eigenschaften von Deckschichten aus Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche mit denjenigen von anderen häufig eingebauten Deckschichten zu vergleichen. Die Resultate sollen vor allem die Lärmwerte der verschiedenen Deckschichten im direkten Vergleich zueinander zeigen.

### Versuchsfelder

Auf der Kantonsstrasse zwischen Leuggern und Böttstein wurden 6 Versuchsfelder mit verschiedenen Deckbelägen zur Erfassung der lärmtechnischen Eigenschaften gebaut (SMA8, AC8, AC MR8, PA8, MA8(3/6) abgestreut sowie MA8(2/4) abgestreut).

Die Lärmmessungen wurden wo dies möglich war gemäss den gültigen Internationalen und nationalen Normen durchgeführt. Die Norm ISO EN 11819-1 «Akustik-Messung des Einflusses von Strassenoberflächen auf Verkehrsgeräusche – Teil 1: Statistisches Vorbeifahrtverfahren» wurde sinngemäss angewendet. Dadurch ergibt sich ein einziger Kennwert, der das Endergebnis darstellt. Dieser Kennwert ist der statistische Vorbeifahrtindex (SPBI). Er kann für den Vergleich von Strassenoberflächen verwendet werden, so dass ihr Einfluss auf den Schallpegel des Verkehrs der angenommenen Zusammensetzung bestimmt werden kann.

Um die Umgebungseinflüsse vorgängig (ohne die Einflüsse der verschiedenen Deckschichten) lärmtechnisch

quantifizieren zu können, wurden auf der Versuchsstrecke vor dem Einbau der verschiedenen Deckschichten Lärmmessungen auf der Binderschicht, die in allen Versuchsfeldern dieselbe ist, durchgeführt. Die Resultate dieser Messungen zeigten, dass keine für die Lärmmessung relevanten Geländebesonderheiten vorhanden sind. Als Lärmquellen wurden immer dieselben Fahrzeuge während der Vorbeifahrt gemessen. Das Tiefbauamt des Kantons Aargau stellte die Fahrzeuge zur Verfügung. Es wurde je ein Fahrzeug der Kategorie Personenwagen, Geländewagen, zweiachsiger Lastwagen und dreiachsiger Lastwagen eingesetzt. In den zusammenfassenden Resultaten und Quervergleichen sind die Resultate des Personenwagens und des dreiachsigen Lastwagens berücksichtigt worden.

### Maximaler Schallpegel

Gemäss Norm ISO EN 11819 ist der maximale Schallpegel der höchste vom Messgerät während einer Fahrzeugvorbeifahrt aufgenommene Schalldruckpegel unter Verwendung der festgelegten Frequenzbewertung und Zeitbewertung.

In unseren Messungen und Auswertungen wurden die Frequenzbewertung «A» (A-Filter) und die Zeitbewertung «F» (fast = 0,125 s) und zusätzlich auch «S» (slow = 1 s) angewendet. Durch die Tatsache, dass die Strecke während den Messungen für den Verkehr gesperrt war und nur unsere ausgewählten Fahrzeuge vorbeifahren konnten, hatten wir optimale Voraussetzungen. Wir haben beidseitig der Strasse im Abstand von 7,5 m von der

Strassenachse je zwei Mikrofone aufgestellt. Dadurch waren wir in der Lage allfällige Abweichungen im Einhalten der vorgegebenen Fahrspuren statistisch zu kompensieren.

Um vorteilhafte statistische Daten zu generieren wurden die Schallpegelmessungen jeweils auf beiden Strassenseiten gleichzeitig durchgeführt. Die Repräsentativität wurde zusätzlich nochmals verbessert, indem auf beiden Strassenseiten je zwei Messmikrofone nebeneinander im Abstand von 2 m aufgestellt wurden. Dies bedingte den gleichzeitigen Einsatz von vier Mikrofonen. Dadurch konnten leicht abweichende Distanzen der vorbeifahrenden Fahrzeuge ausgemittelt und der Einfluss lokaler Ungleichheiten der Deckschichtoberfläche minimiert werden.

Die Messungen wurden in Anlehnung an die Norm EN ISO 11819-1 «Akustik – Messung des Einflusses von Strassenoberflächen auf Verkehrsgerausche – Teil 1: Statistische Vorbeifahrten» durchgeführt und ausgewertet. Ein genaues, normgemässes Vorgehen war in Ermangelung genügend zahlreicher Vorbeifahrten nicht möglich, jedoch auch nicht nötig. Primäres Ziel war der Lärmvergleich der verschiedenen Belagsabschnitte durch Befahren mit «normierten» Fahrzeugtypen und Fahrgeschwindigkeiten. Da ein erheblicher Teil der «fehlenden Statistik» durch eine aufwendige Mikrofonanordnung mit 4 Mikrofonen sowie Messungen in beiden Fahrrichtungen und Mittelwertbildung kompensiert werden konnte, war zudem ein vernünftiges Herleiten des statistischen Vorbeifahrindex SPBI für die verschiedenen Belagstypen

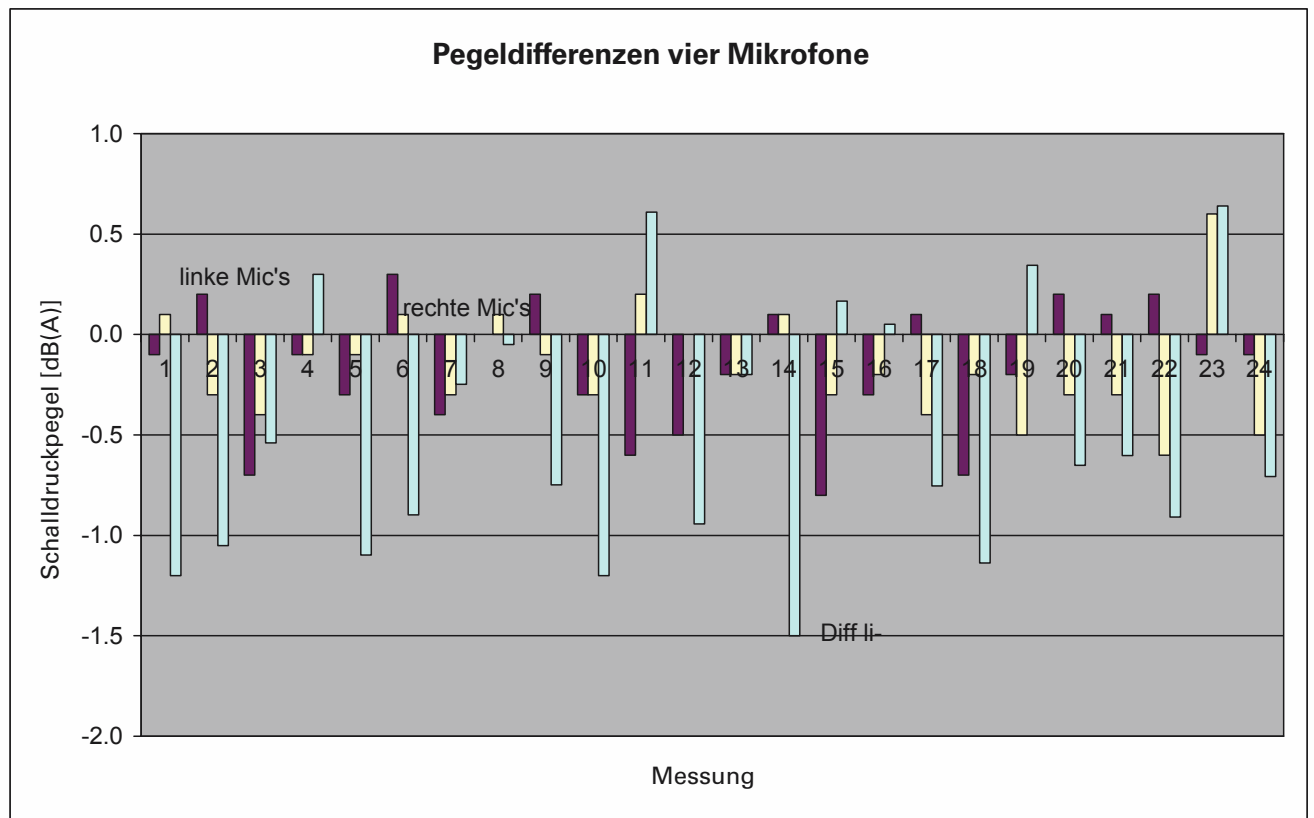
trotzdem möglich. Für den Bericht über die akustischen Eigenschaften der Strassenoberfläche werden die Fahrzeuggeräuschpegel der Pkw, der zwei- und der mehrachsigen Lkw energetisch addiert, wobei ein bestimmtes Verhältnis zwischen diesen Fahrzeugkategorien angenommen wird. Dadurch ergibt sich ein einziger Kennwert, der das Endergebnis darstellt. Dieser Kennwert ist der statistische Vorbeifahrindex (SPBI).

### Messunsicherheit: Pegeldifferenzen der vier Mikrofone

Für diesen Versuch existiert in der Schweiz noch keine Norm. Das Ziel dieses Versuches bzw. dieser Auswertung der Signale aus den vier Messmikrofonen war, die verschiedenen Elemente, die das Messresultat arbiträr beeinflussen können, zu ermitteln. In der Praxis wird nur mit einem Mikrofon und nur auf einer Strassenseite gemessen.

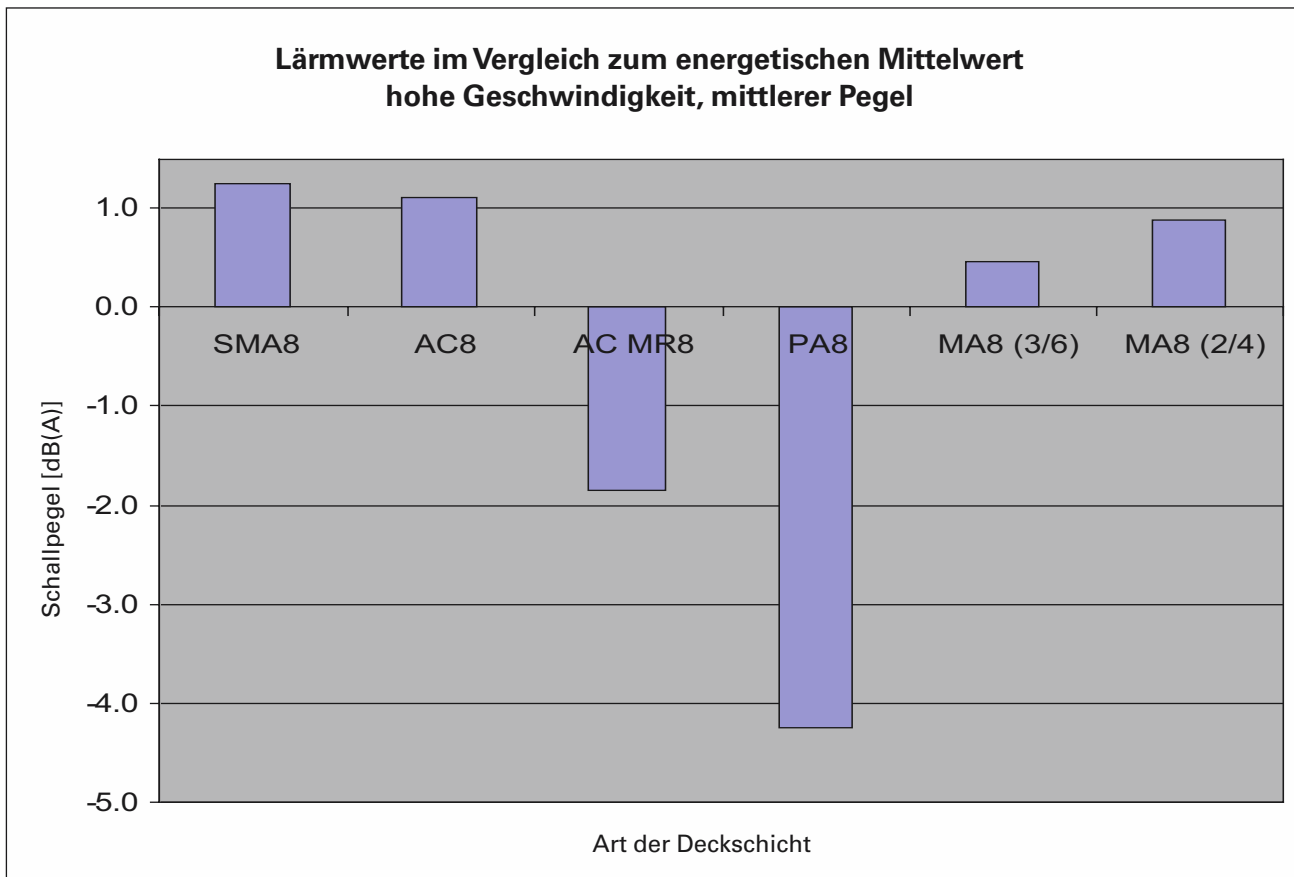
Zu den Elementen, welche die Messresultate beeinflussen, gehören hauptsächlich Wind und andere Klimateinflüsse. Eine starke Beeinflussung des Messresultates wird auch durch die nicht immer gleiche Vorbeifahr-Distanz der Fahrzeuge vom Messmikrofon verursacht.

In der Abbildung 2 sind die Abweichungen der Schallpegelmessungen zwischen den vier Mikrofonen ausgewertet. Die einzelnen Messungen sind immer bei derselben Vorbeifahrt des Fahrzeuges simultan gemessen und aufgezeichnet worden. Es wurden jeweils die Differenzen



2: Pegeldifferenzen zwischen den vier Mikrofonen, denen auf der rechten Seite und denen auf der linken Seite sowie denen zwischen rechter und linker Strassenseite.

2: Différences de niveau entre les quatre microphones disposés sur les côtés gauche et droit ainsi qu'entre deux.



3: Abweichung der Lärmwerte der einzelnen Deckschichten vom energetischen Mittelwert,  $L_{hoch,S}$ , leicht gemittelte Schallpegel bei hohem Geschwindigkeitsbereich.

3: Ecart des valeurs de bruit entre les différentes couches de roulement par rapport à la moyenne énergétique,  $L_{haut,S}$ , niveau sonore légèrement pondéré dans le domaine des vitesses élevées.

zwischen den Aufnahmen der Mikrofone auf der rechten Strassenseite und diejenigen zwischen den Mikrofonen auf der linken Strassenseite sowie die Differenzen zwischen den Mikrofonen auf der linken gegenüber der rechten Strassenseite ausgewertet und aufgezeichnet.

Auf der x-Achse der Abbildung 2 sind eine Auswahl Vorbeifahrten aufgetragen. Die drei Balken auf der Ordinate bedeuten:

- Linker Balken: Schallpegeldifferenz zwischen den Mikrofonen auf der linken Strassenseite.
- Mittlerer Balken: Schallpegeldifferenz zwischen den Mikrofonen auf der rechten Strassenseite.
- Rechter Balken: Schallpegeldifferenz zwischen den Mikrofonen auf der linken zu denjenigen auf der rechten Strassenseite.

Die Auswertung der Pegeldifferenzen zeigen die folgenden Eigenschaften der Lärmmessungen:

- Die Messunsicherheit der Schallpegelmessungen ist in der Grössenordnung von 1 dB (A).
- Die Differenz, die zwischen zwei normgemäss kalibrierten und geeichten Messmikrofonen, welche im Abstand längs zur Strassenachse von zwei Metern auf der selben Strassenseite bei der gleichen Fahrzeugvorbeifahrt gemessen wird, beträgt in der Grössenordnung 0,3–0,5 dB (A).
- Die Differenz, die zwischen zwei Mikrofonen auf der rechten Strassenseite und zwei Mikrofonen auf der lin-

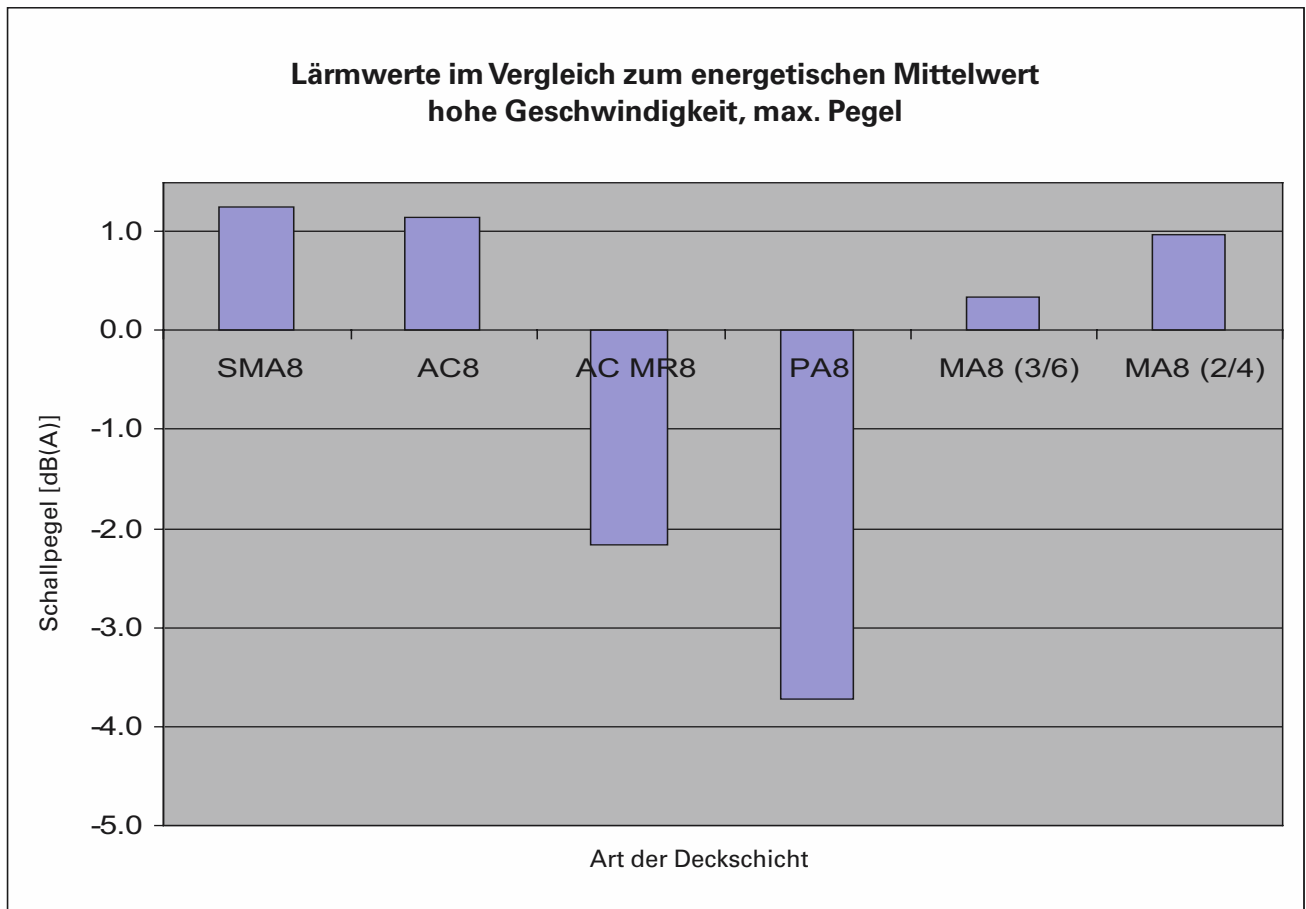
ken Strassenseite gemessen wird, beträgt in der Grössenordnung 1 dB (A).

Dank der Messanordnung mit vier Mikrofonen und der energetischen Mittelung der einzelnen Messungen bezieht sich der für die Auswertung verwendete Vorbeifahrtpegel LFi exakt auf die Strassenachse. Zudem werden Messschwankungen geglättet und die Messgenauigkeit stark erhöht.

Mit den maximalen A-bewerteten Geräuschpegeln und dem dekadischen Logarithmus der Fahrzeuggeschwindigkeit jeder Vorbeifahrt wird eine lineare Regression durchgeführt (Verfahren der kleinsten Fehlerquadrate). Diese Regressionsgeraden pro Deckschicht und Fahrzeugtyp werden miteinander verglichen und dienen der Bestimmung des Fahrzeuggeräuschpegels  $L_{veh}$  bei der entsprechenden Referenzgeschwindigkeit.

### Resultate, Schlussfolgerung und Empfehlung

Das Mittel der Schalldruckpegel aller Versuchsfelder je Messperiode wird zu 0 dB normiert und die Abweichungen der einzelnen Versuchsfelder werden ausgewertet. Zusätzlich werden die Abweichungen vom energetischen Mittelwert der Messungen aller Messperioden arithmetisch gemittelt. Bei der Referenzdeckschicht handelt es sich somit um die Oberfläche mit dem mittleren Schalldruckpegel. In der Abbildung 3 sind die Schallpegel der einzelnen Arten der Deckschichten von den energeti-



4: Abweichung der Lärmwerte der einzelnen Deckschichten vom energetischen Mittelwert,  $L_{hoch,F}$ , maximale Schallpegel bei hohem Geschwindigkeitsbereich.

4: Ecart des valeurs de bruit entre les différentes couches de roulement par rapport à la moyenne énergétique,  $L_{haut,F}$ , niveau sonore maximal dans le domaine des vitesses élevées.

schen Mittelwerten aller sechs geprüften Deckschichten über alle Messperioden aufgezeichnet.

Aus den vorliegenden Messresultaten können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Durch die Konstruktion der Oberfläche der Deckschichten aus Gussasphalt (MA8) können die Schallpegelwerte erheblich beeinflusst werden.
- Die Abstreifung der Gussasphalt-Deckschichten mit der Körnung 3/6 mm hat sich im hohen Geschwindigkeitsbereich als lärmtechnisch besser gezeigt als die Abstreifung mit dem feineren Splitt. Im mittleren Geschwindigkeitsbereich zeigt die Abstreifung mit feinerem Splitt (2/4) bessere Resultate als diejenige mit gröberem Splitt.

Diese Auswertungen für die Messarten «maximaler Pegel» bzw. Zeitbewertung fast «F» und «hoher Geschwindigkeitsbereich» und «leicht gemittelter Pegel» bzw. Zeitbewertung slow «S» und «hoher Geschwindigkeitsbereich» zeigen folgendes Bild:

- Die Deckschichten aus Splittmastix und aus Asphaltbeton sind die lautesten.
- Die Deckschichten aus Rauasphalt (Macrorugueux) und Drainasphalt sind die leisesten.
- Die Deckschichten aus Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche liegen lärmtechnisch zwischen den oben erwähnten Deckschichten.
- Bei den Auswertungen für mittlere Geschwindigkeiten sind die Deckschichten aus Splittmastix immer noch

diejenigen mit den grössten Schallpegeln, die Deckschichten aus Asphaltbeton sind bei « $v_{mittel}$ » jedoch erheblich besser als bei « $v_{max}$ ».

- In den hohen Geschwindigkeitsbereichen zeigen die Messungen lärmtechnische Vorteile der Gussasphaltstrecken gegenüber der Asphaltbetonstrecke. ■

#### Literatur

- EN ISO 11819-1, August 2001. Akustik – Messung des Einflusses von Strassenoberflächen auf Verkehrsgeräusche – Teil 1: Statistisches Vorbeifahrtverfahren (ISO 11819-1:1997)  
SN 640 575; VSS Norm. Lärmimmissionen von Parkierungsanlagen, Berechnung der Immissionen. Januar 2006  
Grolimund H-J.; Attinger R.; Meister A.; Lärmarme bituminöse Strassenbeläge inner- und ausserorts. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg); Bern 2002  
Kölz, A., Müller, H.U. et al. (Hrsg.): Kommentar zum Umweltschutzgesetz. Zürich, 1986 ff.