

Auslegung und Alterung schallabsorbierender Fahrbahnbeläge

Thomas Beckenbauer, Manuel Männel, Walter Weißenberger, Beate Altreuther
Müller-BBM GmbH, 82152 Planegg, Deutschland, Email: TBeckenbauer@MuellerBBM.de

Einleitung

Die Herstellung schallabsorbierender Fahrbahnbeläge unterliegt hohen Anforderungen an Material, Mischgutzusammensetzung und Bauausführung. Die Notwendigkeit dieser Anforderungen wird in der vorliegenden Untersuchung auf der Grundlage von Messergebnissen im Vergleich mit einem akustischen Rechenmodell für Absorber gezeigt.

Absorbermodell

Als Grundlage der akustischen Berechnungen wird eines der validierten phänomenologischen Rechenmodelle [1] herangezogen. Als Eingangsgrößen dienen in diesem Modell die Strömungsresistanz Ξ , der Strukturfaktor X , der volumetrische Hohlraumgehalt σ (Volumenporosität), der effektive Adiabatenexponent κ_{eff} , die Schichtdicke d , und der Schalleinfallswinkel φ . Aus diesen Größen werden Ausbreitungskonstante Γ_a und Wellenwiderstand Z_a berechnet und daraus der komplexe Reflexionsfaktor R abgeleitet. Der Schallabsorptionsgrad α ergibt sich schließlich aus

$$\alpha = 1 - |R|^2 \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

Messungen

Auf 90 km Richtungsfahrbahnen bayerischer Autobahnen mit bestehenden einlagigen offenporigen Asphalten der Korngrößenverteilung 0/8 wurden 24 Bohrkerne entnommen. Die Bohrkerne wurden bautechnisch und schalltechnisch untersucht. Die bautechnische Untersuchung umfasste unter anderem die Bestimmung des Hohlraumgehaltes nach drei verschiedenen Verfahren und die Ermittlung der Sieblinien der Mineralstoffe. Der Hohlraumgehalt wurde außerdem anhand des bildgebenden Verfahrens der Computertomographie bestimmt. Darüberhinaus standen von neu gebauten zweischichtigen offenporigen Asphalten 0/8-11/16 insgesamt 30 Bohrkerne und aus der bautechnischen Eignungsprüfung für diese Fahrbahnbeläge 36 Bohrkerne aus walzsektorverdichteten Prüfplatten zur Verfügung. Alle Bohrkerne wurden im schalltechnischen Prüflabor hinsichtlich Schallabsorptionsgrad und Strömungswiderstand mit Normverfahren untersucht.

Ergebnisse

Offenporige Asphalte (OPA) unterscheiden sich von passiven bauakustischen Absorbermaterialien in vier wesentlichen Parametern. OPA weist einen vergleichsweise niedrigen Hohlraumgehalt von höchstens rund 30 Vol.-%, einen niedrigen Strömungswiderstand, einen hohen Strukturfaktor zwischen 3 und 4 und starre Hohlraumwandungen auf. Strömungswiderstand und Hohlraumgehalt können bei OPA nicht unabhängig voneinander optimiert werden. Die Messergebnisse ergaben nach statistischer Auswertung folgenden

empirischen funktionalen Zusammenhang mit einem Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,67:

$$r^* = 93524 - 28661 \ln\left(\frac{\sigma}{1\%}\right) \quad [\text{Pa s/m}^2] \quad (2)$$

mit: σ : volumetrischer Hohlraumgehalt in %
wobei $0\% < \sigma \leq 26\%$ gilt
 r^* : längenbezogener Strömungswiderstand

Anhand dieses Zusammenhangs und mit Hilfe des Absorbermodells konnte der zu erwartende Absorptionsgrad in Abhängigkeit von Strömungswiderstand und Hohlraumgehalt bestimmt werden (Abb. 1). In Abb. 1 sind zusätzlich die Einzelmesswerte der Bohrkerne und das Ergebnis eines logarithmischen curvefit mit einem Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,89 in das Diagramm eingetragen.

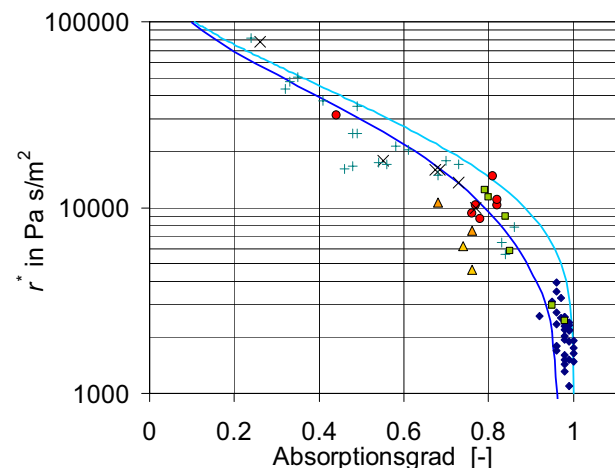


Abb. 1. Einzelmesswerte der Bohrkerne: ◆ Eignungsprüfung 2OPA, ● ■ ▲ X 2OPA neu, + OPA Bestandsaufnahme Bayern; hellblaue Kurve: Ergebnis Rechenmodell; dunkelblaue Kurve: curvefit der Messwerte.

Der Vergleich des Rechenergebnisses mit dem curvefit zeigt, dass das Rechenmodell die realen Verhältnisse gut widerspiegelt und eine verlässliche Aussage über den Absorptionsgrad in Abhängigkeit von Strömungswiderstand und Hohlraumgehalt zulässt. Am Bau werden offensichtlich regelmäßig niedrigere Absorptionsgrade und höhere Strömungswiderstände realisiert als die optimalen Ergebnisse der Eignungsprüfung erwarten lassen.

Im nächsten Schritt wurde mit Hilfe des Rechenmodells die Abhängigkeit des Absorptionsgrades von der Volumenporosität σ ermittelt. Dabei wurde ein mittlerer Wert für den Strömungswiderstand angenommen, der den Betriebsstrecken aus der Bestandsaufnahme entspricht. Das Ergebnis ist als gestrichelte Linie in Abb. 2 aufgetragen. Zusätzlich sind die Ergebnisse von curvefits für die gemessenen Absorptionsgrade in Abhängigkeit von den, mit verschiedenen Verfahren im bautechnischen Labor und in der Computertomographie (CT, Abb. 3) ermittelten Hohlraumgehalten

aufgetragen. Bei den Verfahren „Labor vor Schleifen“ und „Labor nach Schleifen“ wurde die Raumdichte und der Hohlraumgehalt der Bohrkerns durch Ausmessen und Ermittlung der Wasseraufnahme der Prüfkörper vor und nach Abtrennen der Dichtungsschicht bestimmt. Das dritte Verfahren entsprach dem Tauchwägetverfahren nach DIN 1996-7, das auf die geschliffenen Bohrkerns angewandt wurde.

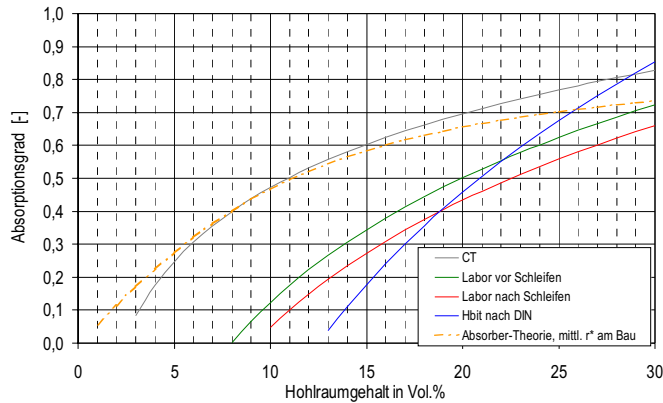


Abb. 2. Absorptionsgrad in Abhängigkeit vom Hohlraumgehalt, der mit drei verschiedenen Laborverfahren und Computertomographie ermittelt wurde; gestrichelte Kurve: Ergebnis des Rechenmodells.

Die in Abb. 2 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass keines der drei bautechnischen Laborverfahren zu einer dem Absorbermodell entsprechenden Abhängigkeit führt. Die Verfahren vor und nach Schleifen weisen insgesamt zu hohe Hohlraumgehalte aus, das Tauchwägetverfahren nach DIN führt außerdem zu einem anderen Kurvenverlauf. Das CT-Verfahren liefert dagegen die mit der rechnerischen Prognose am besten übereinstimmenden Werte. Im Ergebnis ist also fest zu stellen, dass die Hohlraumgehaltsbestimmung im bautechnischen Prüflabor besser an den Prüfgegenstand angepasst, oder für Eignungs- und Kontrollprüfungen ein alternatives Verfahren wie die Absorptionsgradmessung eingesetzt werden sollte.

In Abb. 4 wird der Zusammenhang zwischen der Pegelminderung für Rollgeräusche von Pkw in Abhängigkeit vom Absorptionsgrad nach [2], der in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Abhängigkeit des Absorptionsgrades vom Hohlraumgehalt und der Abhängigkeit des Hohlraumgehaltes vom Siebdurchgang für verschiedene Kornfraktionen nachvollzogen. Bei der Lebensdauererwartung für OPA von 6 Jahren [3] und einer zu erwartenden Abnahme der Pegelminderung von 0,5 dB/a ist ein Vorhaltemaß von 3 dB zu berücksichtigen. Setzt man die notwendige Mindestpegelminderung aus ökonomischen Gründen mit -5 dB an, ergibt sich eine notwendige Anfangspegelminderung von -8 dB.

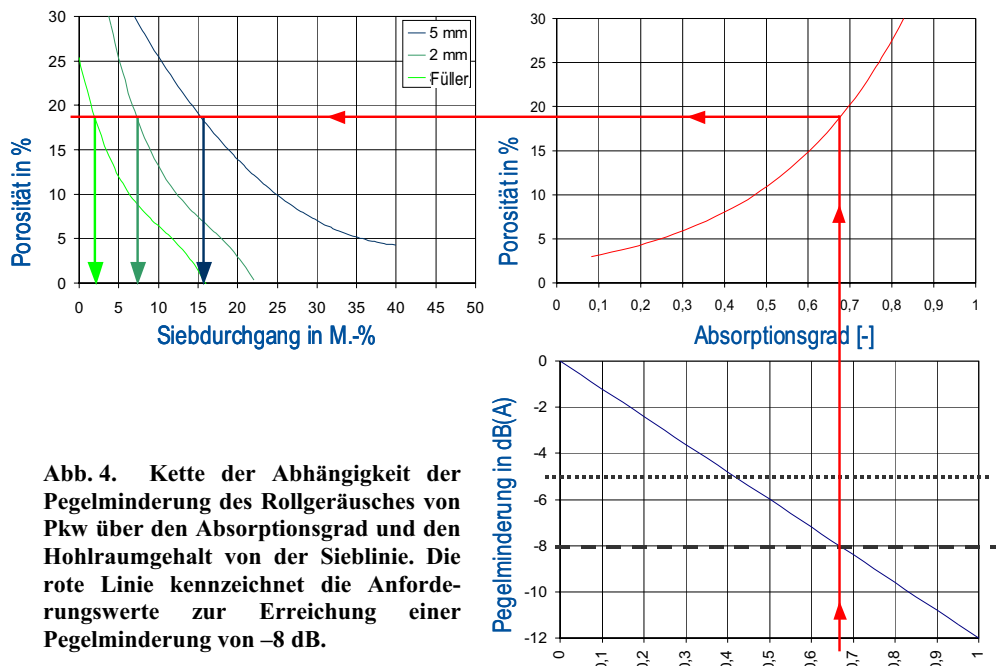


Abb. 4. Kette der Abhängigkeit der Pegelminderung des Rollgeräusches von Pkw über den Absorptionsgrad und den Hohlraumgehalt von der Sieblinie. Die rote Linie kennzeichnet die Anforderungswerte zur Erreichung einer Pegelminderung von -8 dB.

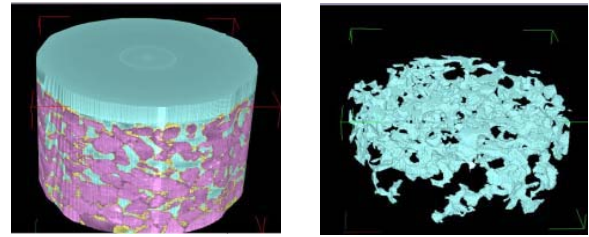


Abb. 3. Computertomographie der offenporigen Deckschicht eines Bohrkerns. Links: Darstellung aller Dichtebestandteile; rechts: Darstellung nach Extraktion der mit Luft gefüllten Hohlräume (Bilder: FH Aalen).

Um diese zu erzielen ist ein Absorptionsgrad von mindestens 0,67 und eine Volumenporosität von mindestens 19 Vol.-% am Bau notwendig. Diese Werte ergeben sich dann, wenn der Siebdurchgang bei 5 mm nicht mehr als 16 M.-%, bei 2 mm nicht mehr als 7 M.-% und für den Fülleranteil nicht mehr als 2 M.-% beträgt. Auf diese Weise konnte der Kreis zwischen den bautechnischen Anforderungen an die Sieblinie und die Volumenporosität und der eigentlichen Zielgröße, der Pegelminderung des Rollgeräusches, geschlossen werden.

Danksagung

Der Dank gilt dem Bayer. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz und der Autobahndirektion Südbayern für die Finanzierung und administrative Unterstützung. Den Bauprüflaboratorien ifb Gauer, Regenstauf, und IFM Dr. Schellenberg, Leipheim, sowie der FH Aalen, AG Metallguss danken wir für die Durchführung der bautechnischen und computertomographischen Untersuchungen.

Literatur

- [1] Mechel, F.: Schallabsorber, Band II - Innere Schallfelder, Strukturen. S.Hirzel Verlag, Stuttgart, 1995.
- [2] Guidance manual for the implementation of low-noise road surfaces. FEHRL Report No. 2006/2, Brüssel, 2006.
- [3] ARS Nr. 5/2002 des BMVBW vom 26.03.2002, Anlage „Statuspapier Offenporige Asphaltdeckschichten“.