

Simultane Torus- und Nahfeldmessungen auf Fernstraßen in Bayern

André Walter¹, Alexander Attenberger²

¹ Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 86179 Augsburg, E-Mail: Andre.Walter@lfu.bayern.de

² Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 86179 Augsburg, E-Mail: Alexander.Attenberger@lfu.bayern.de

Einleitung

In Deutschland haben vier von fünf Haushalten mindestens ein Auto [1] und im Jahr 2016 betrug die Jahresfahrleistung aller Kfz 725,8 Mrd. km, Tendenz steigend [2]. Dieses Verkehrsaufkommen und der dadurch verursachte Verkehrslärm belasten die Menschen. Die Hälfte fühlt sich durch den Straßenlärm belästigt. 12,4 Mio., die meisten Betroffenen wohnen in Ballungsräumen, sind Lärmpegeln von mehr als 65 dB(A) am Tag ausgesetzt, die als gesundheitlich bedenklich gelten [3]. Trotz kontinuierlicher Absenkung der Grenzwerte für die Typzulassung von Kfz seit 1970 sind die Vorbeifahrtpegel im fließenden Verkehr über die Jahre hinweg nahezu gleich geblieben. Grund hierfür ist das im fließenden Verkehr dominierende Reifenrollgeräusch [4].

Wenn der Reifen rollt, dann wird dieser zu Schwingungen angeregt. Diese Schwingungen werden nach außen als Reifen/Fahrbahn-Geräusch und nach innen als sogenanntes Torusgeräusch abgestrahlt. Auf die Größe des Schalldruckpegels hat die Textur einer Straßenoberfläche, die sich in die Aufstandsfläche des Reifens einprägt, einen nicht unerheblichen Einfluss.

Bereits seit 1981 werden Messungen des Torusgeräusches durchgeführt [5][6][7]. 2013 wurde für das LfU am Institut für Fahrzeugsystemtechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ein praxistaugliches akustisches Torusmessgerät (ATMG) entwickelt, mit dem das Torusgeräusch zuverlässig gemessen werden kann [8]. Zwei dieser Geräte wurden auf die Räder eines Nahfeld-(CPX-)Anhängers montiert. Mit dieser Messeinheit kann simultan das Innen- und Außenrollgeräusch von Fahrzeugreifen separat in beiden Rollspuren untersucht werden.

Messmethode

Das Reifen/Fahrbahn-Geräusch wird entsprechend dem Nahfeldmessverfahren [9] erfasst und bei der Referenzgeschwindigkeit von 85 km/h ausgewertet. An diese Norm angelehnt wird auch das Torusgeräusch analysiert. Die Torusresonanzen folgen jedoch unterschiedlichen Geschwindigkeitsabhängigkeiten [5]. Um nur noch gleichartige geschwindigkeitsabhängige Resonanzen zu berücksichtigen und damit eine einheitliche Geschwindigkeitskorrektur anzuwenden, wurde der Auswertefrequenzbereich für das Torusgeräusch um eine Oktav zu höheren Frequenzen verschoben.

Gleichzeitig wird die Temperatur aufgezeichnet und mittels GPS Empfänger die Position protokolliert. Zudem werden mit einer Kamera in Fahrtrichtung Straßenbilder aufgenommen. Der Messreifen ist ein Michelin Energy Saver (Größe: 205/55 R16 91 H) [10].

Umfang der akustischen Messungen

Im Jahr 2017 wurden auf einer Länge von ca. 1.000 km auf den rechten Fahrstreifen der Bundesautobahnen (BAB) A 6, 7, 8, 9, 96, 99 und der Bundesstraße B 17 simultan der Torus- und CPX-Geräuschpegel gemessen. Diese akustischen Messdaten lassen sich mit Hilfe des Bayerischen Straßeninformationssystems (BAYSIS) den bautechnischen Eigenschaften der Straßen zuordnen [11].

Bei BAYSIS handelt es sich um die Umsetzung der vom damaligen Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) im Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 14/2005 [12] bekanntgegebenen und für Bundesfernstraßen eingeführten Richtlinie „Anweisung Straßeninformationsbank“ (ASB). In dieser, von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) veröffentlichten Richtlinie [13], ist festgelegt, wie die Informationen über das Neubau- und Bestandsstraßennetz in einer Datenbank zu dokumentieren sind. Hierzu zählt auch der Straßenaufbau.

Die bei den akustischen Messungen erfassten Deckschichtarten sind in Abbildung 1 zusammengefasst.

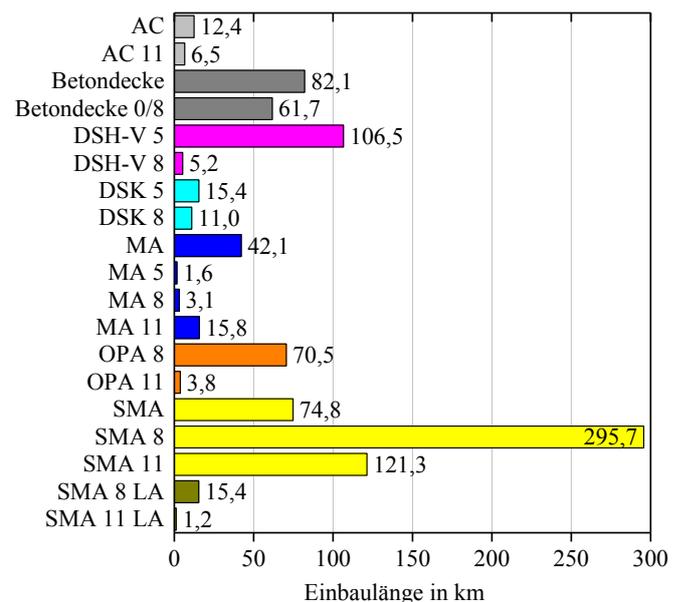


Abbildung 1: Die eingebauten Deckschichtarten in den rechten Fahrstreifen der gefahrenen Messstrecke (Bundesautobahnen BAB A 6, 7, 8, 9, 96, 99 und Bundesstraße B 17) nach BAYSIS. Die Abkürzungen stehen für:

AC Asphaltbeton,
 DSH-V Dünnschichtbelag heiß auf Versiegelung,
 DSK Dünnschichtbelag kalt,
 MA Gussasphalt,
 OPA Offenporige Asphaltdeckschicht und
 SMA Splittmastixasphalt.

Zuordnung von Straßeninformationen

Mit einem vom LfU entwickelten Programm wird aus BAY-SIS für die gefahrene Messstrecke die Deckschichtart auf den äußeren Fahrstreifen extrahiert und in bautechnisch gleichwertige Abschnitte eingeteilt. Anschließend wird in Anlehnung an das Merkblatt für Asphaltdeckschichten aus Offenporigem Asphalt (M OPA) [14] bei einer Änderung der Deckschichtart per Definition ein Übergangsbereich von ± 160 m als bautechnisch nicht homogen eingestuft und für die weitere akustischen Auswertung ausgeschlossen. Automatisch werden auch solche Abschnitte verworfen, über die keine Informationen zu Art und/oder Baujahr der Deckschicht vorliegen. Dasselbe gilt, wenn in den Rollspuren verschiedene Deckschichten eingebaut sind oder diese zu unterschiedlichen Zeiten hergestellt wurden. Die verbleibenden Abschnitte werden gemäß dem Nahfeldmessverfahren [9] in 20 m lange Segmente unterteilt.

Auswahl gültiger Segmente

Mit Hilfe der während der Fahrt aufgenommenen Streckenbilder und der Bestandsbilder aus BAY-SIS werden die Geräuschpegel weiter geprüft und möglicherweise noch weitere Segmente ausgeschlossen. Hierzu werden die folgenden Fragen beantwortet:

- Stimmt der Pegel-Zeitverlauf mit der Deckschichtart und dem Baujahr überein?
- Wurde eine Fahrbahnmarkierung oder Brückenfuge überfahren?
- Fand kurzzeitig ein Fahrstreifenwechsel statt?
- War in dem betreffenden Abschnitt eine Baustelle?
- Wird langsamer als 40 km/h gefahren?

Von insgesamt ca. 1.000 km gefahrener Strecke standen hiernach 29.788 Segmente, dies entspricht 595,8 Str.-km, für die akustische Datenauswertung zur Verfügung.

Korrelation von Nahfeld- und Torusgeräuschpegel

In Abbildung 2 ist der Torusgeräuschpegel über dem CPX-Geräuschpegel für alle gültigen Segmente bei der Referenzgeschwindigkeit von 85 km/h differenziert nach den Deckschichtarten aufgetragen. Deckschichten aus Asphaltbeton, Dünnschichtbelag kalt, Splittmastixasphalt und Beton wurden unter dem Sammelbegriff „dichte“ Deckschicht zusammengefasst. Einschließlich des Gussasphalts sind bei diesen Straßenoberflächen die Pegeländerungen im akustischen Nahfeld direkt proportional zu denen im Torus (s. orange Regressionsgerade) [6].

Deckschichten aus Offenporigem Asphalt (OPA), lärmtechnisch optimiertem SMA (SMA LA) und die dünnen Asphaltdeckschichten in Heißbauweise auf Versiegelung (DSH-V) weichen hiervon ab. Durch Kombination beider Messverfahren können insbesondere für den OPA und den SMA LA die schallabsorbierenden Eigenschaften dieser offenporigen bzw. semi-dichten Deckschichten untersucht werden.

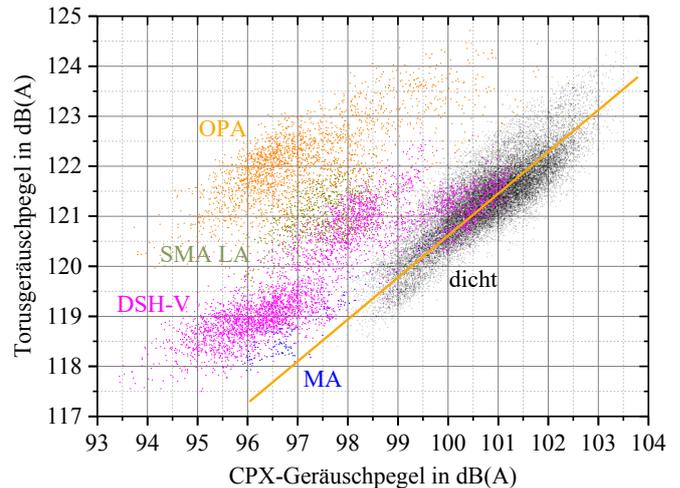


Abbildung 2: Ermittelter CPX- und Torusgeräuschpegel in dB(A) für alle Deckschichten bei einer Referenzgeschwindigkeit von 85 km/h. Die Symbole der Pegel der „dichten“ Deckschichten sind zur besseren Sichtbarkeit der Verteilung teiltransparent dargestellt. Die Regressionsgerade beschreibt die Proportionalität der Geräuschpegel bei „dichten“ Deckschichten.

In Abbildung 3 sind die Torus- und CPX-Geräuschpegel für die Betondecke 0/8 auf der BAB A 8 zwischen Augsburg und München aufgetragen. Diese Straßenoberfläche wurde ausgewählt, um die Torus- und Nahfeldmessungen vorläufig schalltechnisch einzuordnen. 2011 wurden vom LfU an der BAB A 8 umfangreiche statistische Vorbeifahrtmessungen [15][16] durchgeführt und die Fahrzeugemissionen untersucht. Dabei ergab sich ein mittlerer Fahrzeuggeräuschpegel für Pkw von 80,4 dB(A) bei der Referenzgeschwindigkeit von 85 km/h. Für dieselben Segmente beträgt der mittlere CPX-Geräuschpegel 101,1 dB(A) bei einer Standardabweichung von $\pm 0,5$ dB(A), das Torusgeräusch erreicht einen mittleren Pegel von 122,3 dB(A) $\pm 0,8$ dB(A).

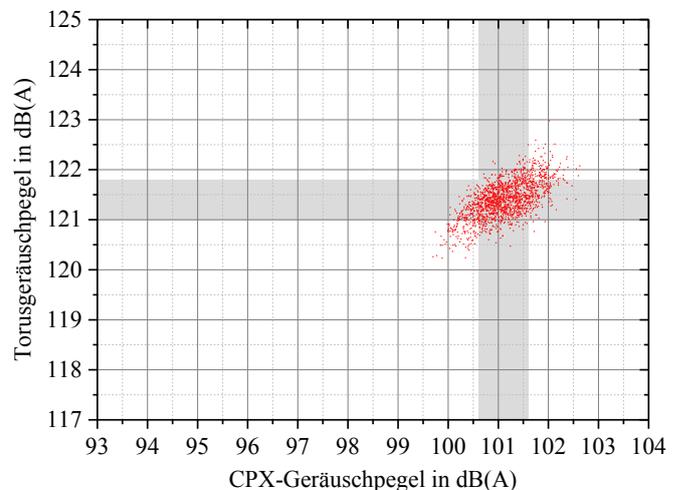


Abbildung 3: Ermittelter CPX- und Torusgeräuschpegel in dB(A) für die Betondecke 0/8 auf der BAB A 8 zwischen Augsburg und München bei einer Referenzgeschwindigkeit von 85 km/h. Der mittlere Nahfeldgeräuschpegel beträgt 101,1 dB(A) $\pm 0,5$ dB(A) und der mittlere Torusgeräuschpegel 122,3 dB(A) $\pm 0,8$ dB(A), beide Bereiche sind grau hinterlegt.

Verteilung von Nahfeldgeräuschpegeln

Bei der Referenzgeschwindigkeit von 85 km/h wurden die Nahfeldgeräuschpegel der Segmente aller Deckschichten 1 dB(A) breiten Pegelklassen zugeordnet. Die hieraus ermittelte Häufigkeitsverteilung ist in Abbildung 4 dargestellt. Bezogen auf den mittleren Nahfeldgeräuschpegel der Betondecke 0/8 auf der BAB A 8 zwischen Augsburg und München sind 54,0 % aller gemessenen Segmente leiser als 100,6 dB(A), 31,4 % lauter als 100,6 dB(A) und leiser als 101,6 dB(A) und 14,5 % lauter als 101,6 dB(A).

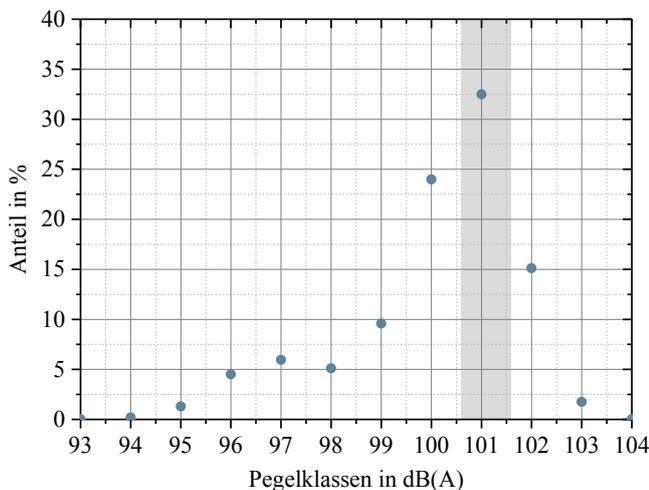


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der CPX-Geräuschpegel aller Deckschichten in Pegelklassen von $\pm 0,5$ dB(A) bei einer Referenzgeschwindigkeit von 85 km/h. Der grau hinterlegte Bereich stellt den mittleren Nahfeldgeräuschpegel der Betondecke 0/8 auf der BAB A 8 zwischen Augsburg und München dar.

Zusammenfassung

Durch eine Befahrung von bayerischen Fernstraßen konnten für knapp 600 Str.-km die rechten Fahrstreifen bei einer Referenzgeschwindigkeit von 85 km/h akustisch untersucht sowie mit Hilfe von BAYSIS die Deckschichtarten zugeordnet werden.

Nahfeld- und akustische Torusmessungen stellen zusammen ein gutes Werkzeug zur Charakterisierung von Straßendeckschichten dar. So konnte durch die simultane Messung des Nahfeld- und Torusgeräusches eine Beziehung zwischen beiden Messgrößen hergestellt werden. Die Deckschichten wurden in die Klassen „dicht“, „semi-dicht“ und „offenporig“ unterteilt. Dabei zeigte sich für die Mehrzahl der dichten Deckschichten ein direkt proportionaler Zusammenhang zwischen Nahfeld- und Torusgeräuschpegel. Die semi-dichten und offenporigen Deckschichten weichen von dieser Proportionalität ab, da ihre Oberflächen rauer sind und dadurch den Torusgeräuschpegel anheben. Das Maß der Abweichung lässt einen Schluss auf die schallabsorbierenden Eigenschaften dieser Deckschichten zu.

Ein Vergleich der Nahfeldgeräuschpegel aller Deckschichten mit dem auf einer Betondecke 0/8 ergibt, dass der Großteil der Deckschichten leiser ist, jedoch auch einige Abschnitte lauter sind.

Literatur

- [1] Umweltbundesamt (UBA): Mobilität privater Haushalte. URL: www.uba.de/daten/private-haushalte-konsum/mobilitaet-privater-haushalte
- [2] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Verkehr in Kilometern der deutschen Kraftfahrzeuge im Jahr 2016. URL: www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr_in_kilometern_node
- [3] Umweltbundesamt (UBA): Straßenverkehrslärm. URL: www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm
- [4] Steven, H.: Ermittlung der Geräuschemission von Kfz im Straßenverkehr. TÜV Nord i.A. des UBA, Forschungsbericht 200 54 135, 2004.
- [5] Bschorr, O.; Wolf, A.; Mittmann, J.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Abstrahlung von Reifenlärm. MBB GmbH, Bericht BB-483-81, 1981.
- [6] Bschorr, O.; Kühne, R.: Bestimmung der akustischen Qualität von Straßen. Zeitschr. f. Lärmbekämpfung Bd. 2, Nr. 4, S. 144ff, 2007.
- [7] Bederna, Ch.; Saemann, E.U.: Contributions to a better understanding of tire cavity noise. NAG/DAGA, 2009.
- [8] Krauss, O.; Gauterin, F.: Akustische Torusmessmethode – Entwicklung und Anwendung eines Reifeninnengeräusch-Messsystems. DAGA, 2014.
- [9] DIN EN ISO 11819-2: Akustik - Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgerausche - Teil 2: Nahfeldmessverfahren. 2017.
- [10] Morgan, P.; Sandberg, U.; van Blokland, B.: The selection of new reference test tyres for use with the CPX method, to be specified in ISO/TS 11819-3. inter noise, Ottawa Canada, 2009.
- [11] Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (OBB): BAYSIS. URL: www.baysis.bayern.de
- [12] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW): Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 14/2005. Bonn, 2005.
- [13] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): Anweisung Straßeninformationsbank (ASB). URL: www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Publikationen/Regelwerke/Unterseiten/V-ASB
- [14] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Merkblatt für Asphaltdeckschichten aus Offenporigem Asphalt (M OPA). Köln, 2013.
- [15] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Waschbetonoberfläche auf der A 8 zwischen Augsburg und München, Lärmemission im Vergleich zu den RLS-90, Zusammenfassung der Einzelberichte. Augsburg, 2011.
- [16] DIN EN ISO 11819-1: Akustik - Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgerausche - Teil 1: Statistisches Vorbeifahrtverfahren. 2002.