

Entwicklung von Reifen-Fahrbahn-Geräusch-Messanhängern am Beispiel der Anhänger des FKFS

Michael Fieles-Kahl¹, Reinhard Blumrich²

¹ FKFS, 70569 Stuttgart, E-Mail: michael.fieles-kahl@fkfs.de

² FKFS, 70569 Stuttgart, E-Mail: reinhard.blumrich@fkfs.de

1. Einleitung

Der Straßenlärm ist in Deutschland beständig die Lärmquelle, von der die Bevölkerung sich am meisten gestört fühlt, s. **Abbildung 1** [1].

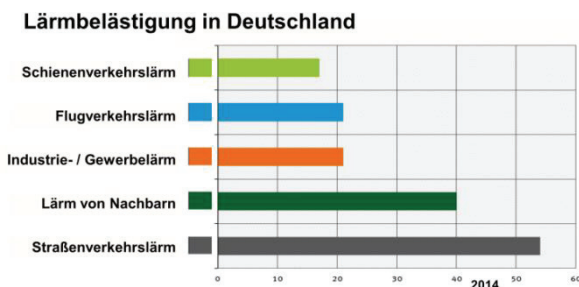


Abbildung 1: Ergebnis der Befragung des Umweltbundesamtes zur Lärmbelastung [1].

Da eine Lärmeinwirkung durchaus erhebliche gesundheitliche Auswirkungen haben kann, ist eine Messung und Analyse des Straßenverkehrslärms sinnvoll und weiter notwendig. Besonderes Augenmerk sollte hierbei auf das Reifen-Fahrbahn-Geräusch gelegt werden, das hier einen wesentlichen Anteil liefert, s. **Abbildung 2**, [2].

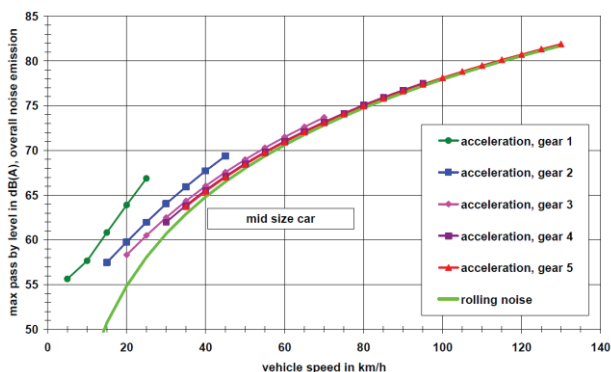


Abbildung 2: Vergleich zwischen Gesamtgeräusch und Reifen-Fahrbahn-Geräuschen im Außengeräusch [2].

Zur Analyse werden hierbei schon seit längerer Zeit Reifen-Fahrbahn-Geräusch-Messanhänger eingesetzt. Neben herkömmlichen Methoden, wie z. B. statistische oder kontrollierte Vorbeifahrt, bieten diese herausragende Möglichkeiten zur genaueren Untersuchung der Entstehungs- und Abstrahlmechanismen direkt im Bereich des Reifen-Fahrbahn-Kontaktes. Eine detaillierte Betrachtung des Reifen-Fahrbahn-Geräuschs ist unter anderem aufgrund der unterschiedlichen Einflüsse verschiedener Reifen auf verschiedenen Fahrbahnen

durchaus ein wichtiger Faktor für eine Minderung des Straßenverkehrslärms (s. **Abbildung 3**) [3].

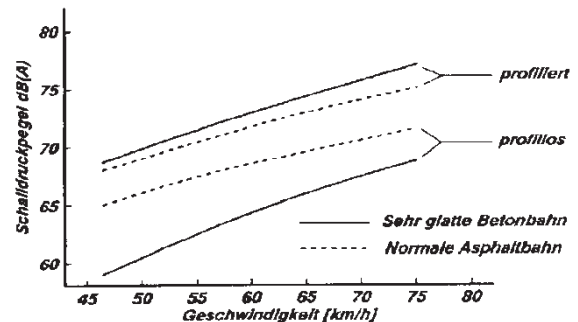


Abbildung 3: Vergleich der Reifen-Fahrbahn-Geräusche unterschiedlich profilierter Reifen auf verschiedenen Fahrbahnen [4].

2. Anforderungsprofil

An die Messeinrichtung bestehen im Wesentlichen folgende Anforderungen:

- Sie soll geeignet sein, Messungen auch auf öffentlichen Straßen zu ermöglichen.
- Es sollen sowohl Straßenbeläge mittels Referenzreifen (nach DIN EN ISO 11819-3) als auch Messungen verschiedener Reifen auf Referenzbelägen (z.B. Asphalt nach ISO 10844:2014) möglich sein.
- Die Reifenlast soll in weiten Bereichen anpassbar sein.
- Eigengeräusche der Messeinrichtung dürfen keinen Einfluss auf die Messergebnisse haben.
- Messungen sollen im fließenden Verkehr möglich sein, ohne diesen zu behindern.

3. Umsetzungen am FKFS

3.1 Erste Ausführung

Aus solchen Überlegungen heraus wurde am FKFS der erste Anhänger 1978 im Rahmen einer Dissertation konstruiert [5]. Dieser war ein spezieller Einrad-Messanhänger, kardanisch fest verbunden mit einem Zugfahrzeug. Er wurde nach seiner Fertigstellung europaweit auf zahlreichen Straßenabschnitten erfolgreich getestet und eingesetzt. Ein großer Vorteil einer solchen Konstruktion ist, dass nur ein Rad Kontakt zur Straßenoberfläche hat und somit die Gefahr von Interferenzen durch kohärente Geräuschanteile eines zweiten Messreifens ausgeschlossen ist. Neben- oder Störquellen durch Stützräder existieren ebenfalls nicht, s. **Abbildung 4**.

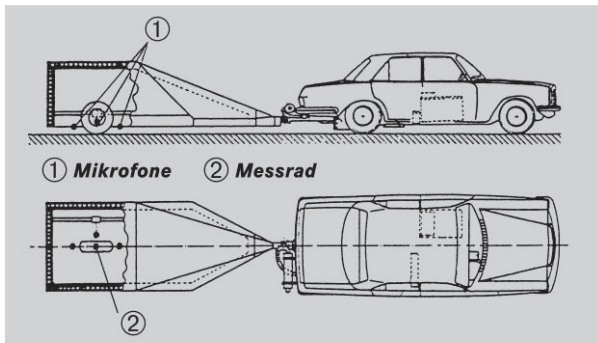


Abbildung 4: Skizze des ursprünglichen Anhänger-gespans [3].

Eine Auskleidung des Messraums mit absorbierendem Material ermöglichte Messungen ungestört von Reflexionen des Geräusches im Messraum. Nach Ausfall des Zugfahrzeugs musste dieses ausgetauscht und eine Anhängereinrichtung adaptiert werden, die es ohne feste Verbindung des Hängers mit dem Zugfahrzeug ermöglichte die Wankkräfte aufzunehmen. Dies erwies sich zwar als möglich und zeigte im Messbetrieb keinerlei Probleme, erschwerte jedoch das allgemeine Handling deutlich (s. **Abbildung 5**).



Abbildung 5: Einrad-Anhänger mit neuem Zugfahrzeug und geöffneter Zugangsklappe. Man erkennt den begrenzten Zugang zum Messrad und zur Messtechnik.

Eine Einrad-Konstruktion hat allerdings noch einen weiteren bedeutenden Nachteil: Durch das zentrale Messrad wird die Straßenoberfläche in einem Bereich vermessen, der im Laufe eines „Straßenlebens“ deutlich weniger Belastung und Abnutzung erfährt als die Bereiche, auf denen die Räder der Fahrzeuge abrollen. Auf Teststrecken lässt sich dieser Nachteil i.d.R. durch versetztes Fahren ausgleichen, im öffentlichen Straßenverkehr ist dies nicht oder nur sehr begrenzt möglich.

3.2 Neukonstruktion

Aus diesen Gründen wurde am FKFS ein neuer Anhänger konstruiert, der diese Nachteile nicht aufweist (s. **Abbildung 6**) und Messergebnisse liefert, die die Anforderungen an Untersuchungen im Nahfeld nach ISO11819 Teil 2 voll erfüllen. Die Radlasten sind anpassbar und können damit sowohl den Normbedingungen als auch gängigen PKW-Radlasten Rechnung tragen. Durch eine Einhausung bis unmittelbar über die Straßenoberfläche werden

Nebengeräusche weitgehend ausgeblendet, so dass der Geräuschabstand, z. B. zum umgebenden Straßenverkehr genügend groß ist (s. **Abbildung 7**).



Abbildung 6: Ansicht der Neukonstruktion als Zweirad-Anhänger mit geschlossenen Hauben.



Abbildung 7: Ansicht der Neukonstruktion als Zweirad-Anhänger mit geöffneten Hauben. Gezeichnet sind die Mikrofonpositionen nach DIN EN ISO 11819-2 und die innere Bodenschürze.

Die Schalldämmung der Hauben liegt mit ca. 6.5 dB über den Anforderungen der Norm zu Nebengeräuschen. Auch eine Beeinflussung der Räder untereinander wird durch weit herunter gezogene Trennwände vermieden. **Abbildung 8** zeigt einen Vergleich zwischen dem Erstausstatter-Reifen des Anhängers auf der einen Seite und zwei verschiedenen PKW-Reifen auf der anderen Seite des Anhängers. Es ist keine Beeinflussung der Messreifen durch den Erstaustattungreifen erkennbar.

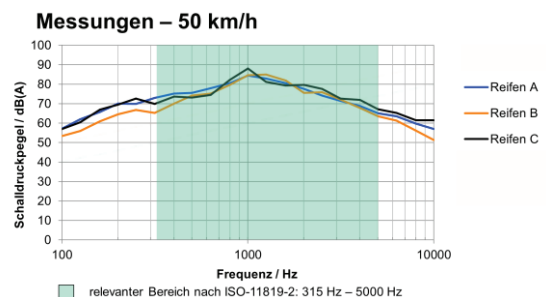


Abbildung 8: Vergleich von Anhängerreifen (schwarze Kurve) auf einer Seite des Anhängers mit verschiedenen Fahrzeugreifen (blaue und orangene Kurve) auf der anderen Anhängerseite.

Die Form des Anhängeraufbaus wurde auch mit Hinblick auf möglichst geringe Umströmungsgeräusche konstruiert. Durch Messungen im Windkanal der Universität Stuttgart

konnte gezeigt werden, dass die Umströmungsgeräusche des Anhängers die Messwerte der Reifen-Fahrbahn-Geräusche nicht beeinflussen. Darüber hinaus ist durch die lange Deichsel genug Abstand zum Zugfahrzeug vorhanden, um keine Beeinflussung der Messergebnisse durch Geräusche des Zugfahrzeugs zu bekommen, s. **Abbildung 9**.

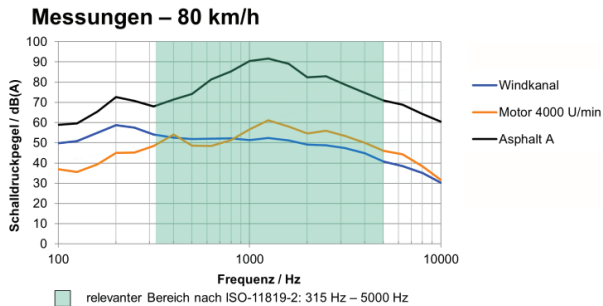


Abbildung 9: Vergleich von Windgeräuschen des Anhängers mit Zugfahrzeug (blaue Kurve) mit Motorgeräuschen des Zugfahrzeuges bei maximaler Drehzahl (orangene Kurve) und Straßenmessung eines Reifens (schwarze Kurve). Alle Kurven stammen von Messungen eines Mikrofons im Anhänger.

Die Neufassung des Anhängers erlaubt standardmäßig die Messung der tatsächlich befahrenen Fahrbahnbereiche. Das allgemeine Handling und insbesondere der Zugang zu Reifen und Messtechnik wurden wesentlich verbessert. Weiter ist durch die Zulassungsmöglichkeit ein Betrieb mit jedem Fahrzeug mit Anhängervorrichtung ohne Sonderumbauten oder -genehmigungen möglich.

Mit Kenntnis des Schallfeldes eines Reifens lässt sich in Verbindung mit dem Reifen-Geräusch-Prüfstand des FKFS (skizziert in **Abbildung 10**) der luftschallbasierte Reifengeräusch-Anteil im Innenraum eines Pkw bestimmen.

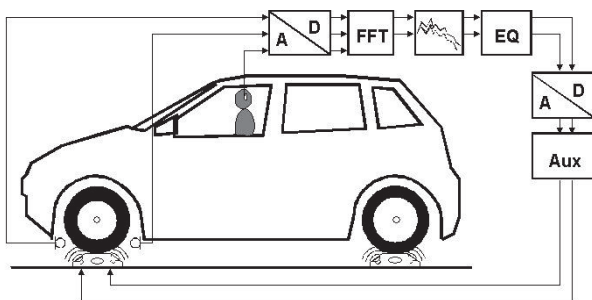


Abbildung 10: Prinzipskizze von Aufbau- und Ablauf der Simulation zur Bestimmung des Reifen-Fahrbahn-Geräusches (Mikrofon an der Reifenflanke ist nicht dargestellt)[6].

Dies ermöglicht beispielsweise die Durchführung von subjektiven Hörvergleichen zur Bewertung von verschiedenen Reifen-Fahrbahn-Kombinationen.

4 Zusammenfassung

Der Reifen-Fahrbahn-Geräusch-Messanhänger eignet sich für die akustische Messung von PKW-Reifen und Fahrbahnbelägen. In Kombination mit dem Reifen-Geräusch-

Prüfstand wird auch die subjektive Beurteilung von Reifen-Fahrbahn-Geräuschen im Fahrzeuginnenraum ermöglicht.

5. Literatur

- [1] Umweltbundesamt:
URL:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/laermwirkung/laermbelaestigung>
- [2] Steven, H.: Noise emission of road transport. Noise Research Strategies for a Quieter Europe, Brüssel, 19.10.2004
- [2] Köhler, E.; Liedl, W.: Grenzen der Beeinflussung des Reifenabrollgeräusches bei nasser Fahrbahn. Entwicklungslinien in Kraftfahrzeugtechnik und Straßenverkehr, Forschungsbilanz 1981. Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1982, S. 453-463, ISBN: 3-88585-072-9.
- [4] Hochrainer, R.: Einfluß von Reifen und Straßenbelag auf den Verkehrslärm. AVL-Tagung "Motor und Umwelt" '90, Graz, AVL List GmbH
- [5] Liedl, W.: Der Einfluss der Fahrbahn auf das Geräusch Profilloser Reifen und ein Beitrag zu seiner Erklärung. Stuttgart, Universität, Dissertation, 1978.
- [6] Riegel, M.: Bestimmung der Anteile von Antriebs-, Umströmungs- und Rollgeräusch im Innenraum von Pkw. Stuttgart, Universität, Dissertation, 2008.