



Wolfgang Herget, Karlheinz Bay,  
Peter Brandstät, Werner Moll\*

#### Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-00  
info@ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen  
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley  
Telefon +49 8024 643-0  
info@hoki.ibp.fraunhofer.de

Standort Kassel  
Gottschalkstraße 28a, 34127 Kassel  
Telefon +49 561 804-1870  
info-ks@ibp.fraunhofer.de

[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

\*Werner Moll ist Mitarbeiter der Daimler AG

#### Literatur

- [1] Cremer, L.; Müller, H.A.: *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik, Band 2: Wellentheoretische Raumakustik*, Hirzelverlag Stuttgart 1976.  
[2] Zha, X.; Zhou, X.; Kang, J.: *Mikroperforierte Plattenabsorber (MPA)*, Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart, IBP-Mitteilung 261, 1994.  
[3] Maa, D.-Y.: *Potential of microperforated panel absorber*, *Journal Acoustical Society of America*, S.2861-2866, November 1998.  
[4] Fuchs, H.: *Schallabsorber und Schalldämpfer*, 1. Auflage, Springer Verlag Berlin 2004.

© Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP  
Nachdruck oder Verwendung von Textteilen oder Abbildungen nur mit unserer schriftlichen Genehmigung

## MIKROPERFORIERTER REIFENABSORBER

### Einleitung

Dem untersuchten Thema liegt die Entwicklung von immer leiseren Fahrzeugen zu Grunde. Der Geräuschpegel, anfangs dominiert von Motoren- und Strömungsgeräuschen, wurde immer weiter reduziert und optimiert. Dies hat zur Folge, dass andere, vorher unscheinbare Komponenten, akustisch in den Vordergrund treten. Deren Dämpfung spielt in der modernen Automobilindustrie eine wichtige Rolle. In diesem Kontext wird bereits vieles im Zusammenspiel zwischen Reifen und Fahrbahn untersucht. Rollgeräusche werden sowohl über Körperschall als auch Luftschall in das Innere der Fahrzeugkabine übertragen. Ein neuer Aspekt, der hierbei Beachtung findet, ist die Frage, welcher Einfluss aus der Funktionsgemeinschaft Reifen – Felge und dem darin eingeschlossenen Hohlraum resultiert.

### Die Torusmode

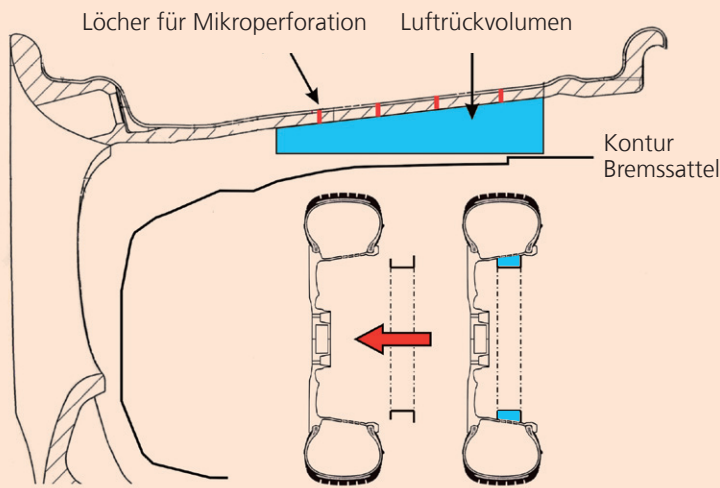
Die Torusmode ist eine sich ausbildende »Stehende Welle« im Reifenhohlraum und charakterisiert das modale Schallfeld [1] (Diagramm 1). Die Wellenlänge der ersten Torusmode wird bestimmt durch den mittleren Umfang im Luftvolumen und bewirkt in der Fahrgastzelle eine messbare Pegelerhöhung. Dieses durch Körper- und Luftschall übertragene Geräusch wird als unangenehm wahrgenommen. Durch Messungen im Labor mit im Hohlraum angebrachten Mikrofonen konnte die Torusmode bei 200 Hz identifiziert werden.

### Die Idee

Die Herausforderung in diesem Falle besteht darin, den begrenzten Raum der zur Verfügung steht, für einen akustischen Absorber nutzbar zu machen. Der Absorber darf das Fahrverhalten und die Fahrsicherheit nicht beeinträchtigen. Diese Ansprüche wurden mit dem Aufbau- und Wirkungsprinzip des mikroperforierten Absorbers [2] erfüllt. Er wird direkt am Entstehungsort der Torusmode, im Reifenhohlraum, platziert (Abb. 1).

### Die Umsetzung

Der mikroperforierte Absorber besteht aus einer perforierten Oberfläche mit einem Perforationsgrad  $< 1\%$  und einem angekoppelten Luftrückvolumen. Mit diesen Parametern kann der Absorber mit seinem Absorptionsmaximum auf eine Zielfrequenz ausgelegt werden. Dieses Prinzip wurde auf eine Autofelge wie folgt übertragen: Die mikroperforierte Oberfläche wird direkt in die Struktur der Felge eingebracht. Hierfür werden die benötigten Löcher ins Tiefbett gebohrt. Eine separat gefertigte Kammer, notwendig für das Luftrückvolumen und die Abdichtung des Rades, wird an die gewünschte Position in der Felgenkontur eingefügt und luftdicht verklebt. Der prinzipielle Aufbau ist in Abbildung 1 dargestellt.



## AUSLEGUNG DES ABSORBERS

Auf Grund der vorgegebenen Einbausituation (Abb. 1) sind viele der Parameter bezüglich der Auslegungsfrequenz festgelegt. Die Plattendicke ist durch die Felgendicke vorgegeben, der Wandabstand durch den zur Verfügung stehenden Raum zwischen Felge und Bremssattel und der Lochdurchmesser für die Funktionsweise des mikroperforierten Absorbers liegt bei 1 mm. Daraus resultierend, stellt die Variation des Lochabstandes die alleinige Möglichkeit dar, den Absorber auf die gewünschte Zielfrequenz abzustimmen. Der dadurch realisierte Absorber weist einen Perforationsgrad von 0,15 % auf und wurde im Impedanzrohr auf seinen Absorptionsgrad hin überprüft. Die Untersuchungen ergaben, dass der nach [3] theoretisch zu erwartende Absorptionsgrad gut mit den Messungen übereinstimmt. Bei der Auslegung wurde darauf geachtet, dass der Absorber im Frequenzbereich von 200 Hz bis 250 Hz breitbandig wirkt. Dies basiert auf einer temperaturbedingten Frequenzverschiebung der Torusmode.

## LABORMESSUNG

Für die Messung der Serienfelge werden die Bohrungen der Mikroperforation vorü-

bergehend abgeklebt. Im Anschluss werden die Bohrungen wieder frei gelegt und die Kammer eingebaut. Hierbei ist auf einen luftdichten Abschluss zwischen Felge und Kammer zu achten. Dieser Umbau kann am aufgehängten Rad schnell durchgeführt werden, so dass die Messbedingungen bei unterschiedlichen Konfigurationen unverändert bleiben. Im Weiteren wurde der Einfluss einer Kassettierung des Lufrückvolumens untersucht [4]. Die im Reifenhohlraum ermittelten Schalldruckpegel bei externer Luftschallanregung sind in Diagramm 3 dargestellt.

Deutlich ist eine Pegelminderung bei der ersten Torusmode mit kassettiertem Lufrückvolumen zu erkennen. Die Kassettierung bewirkt, dass sich in der Kammer keine umlaufenden Wellen ausbilden. Bei der Zielfrequenz von 200 Hz konnte somit eine maximale Pegelminderung von ca. 11 dB erzielt werden.

## MESSUNGEN AM FAHRZEUG

Für die Messungen im Fahrzeuginneren wurde ein kompletter Reifensatz als Prototyp hergestellt. Die Messungen erfolgten auf der Straße sowie auf dem Akustik-Rollen-

prüfstand am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP. Mit einem Kunstkopf auf dem Beifahrersitz wurden die Signale erfasst.

In Diagramm 3 ist der auf dem Akustik-Rollenprüfstand ermittelte A-bewertete Schalldruckpegel für ein Fahrzeug mit Serien- und mit Absorberfelgen dargestellt. Bei dieser Messung war der Motor des Fahrzeugs ausgeschaltet. Der Antrieb erfolgte über die Rolle mit einer Geschwindigkeit von 90 km/h. Für die Serienfelge ist im Bereich von 200 Hz eine Erhöhung des Schalldruckpegels durch die Torusmode sichtbar. Im Vergleich mit der Absorberfelge ist in diesem Frequenzbereich eine deutliche Reduzierung zu erkennen.

Mit dem Einsatz des mikroperforierten Reifenabsorbers konnte sowohl auf dem Akustik-Rollenprüfstand als auch auf der Straße eine Pegelminderung der Torusmode von 5 dB erzielt werden.

1 Schematische Darstellung der Umsetzung des mikroperforierten Absorbers in die Felge.

Diagramm 1: Schalldruckverlauf des modalen Schallfeldes im Raum (oben) und im Torus (unten).

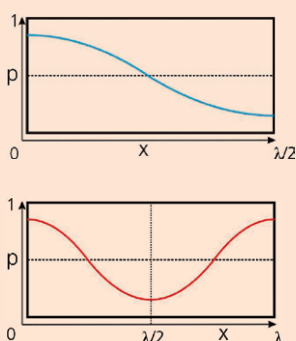


Diagramm 2: Schalldruckpegel der Serienfelge und mikroperforierten Felge mit Kassettierung im Vergleich.

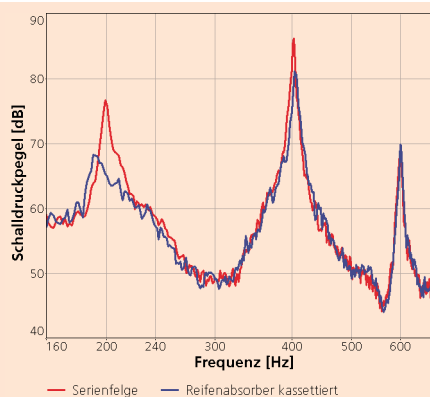


Diagramm 3: Auf dem Akustik-Rollenprüfstand im Fahrzeuginneren ermittelte Schalldruckpegel.

