



# IBP-MITTEILUNG

518

## 38 (2011) NEUE FORSCHUNGSERGEBNISSE, KURZ GEFASST

Michael Krämer, Peter Brandstät, Karlheinz Bay

### NEUARTIGE REAKTIVE UND AKTIVE ABGASSCHALLDÄMPFER ZUR INTEGRATION MIT PARTIKELFILTERN GROSSVOLUMIGER DIESELMOTOREN

#### 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)

#### Literatur

[1] Leistner, P. et al.: Schallabsorber und Schalldämpfer. Teil 4: Absorber mit aktiven Komponenten. Bauphysik 24 (2002), S. 361-367

[2] Krämer, M.; Brandstät, P.; Bay, K.: Kombination von Partikelfiltern mit Schalldämpfern für großvolumige Dieselmotoren. DAGA 2011, Düsseldorf, DEGA, 2011, S. 765-766.

[3] Brandstät, P.; Krämer, M.; Bay, K.: Neuartige reaktive und aktive Abgasschalldämpfer zur Integration mit Partikelfiltern großvolumiger Dieselmotoren. Abschlussbericht im Programm BWPLUS, Förderkennzeichen BWU27008, LUBW, 2011.

#### EINLEITUNG

Auch großvolumige Dieselmotoren müssen neben den Lärmemissionsgrenzwerten immer strengere Grenzwerte bezüglich ihrer Partikelemissionen einhalten. Als eine Folge dieser Entwicklung ergibt sich in vielen Fällen ein Platzproblem. Die verwendeten Dieselpartikelfilter (DPF) beanspruchen zum Teil erheblichen Bauraum, der für den ebenfalls unverzichtbaren Abgasschalldämpfer nicht mehr verfügbar ist.

Als ein möglicher Lösungsansatz wird die Kombination eines aktiven Schalldämpfersystems mit einem Dieselpartikelfilter gesehen. Dabei sind schwierige Einsatzbedingungen, wie z. B. Abgastemperaturen von 600 °C, starke Druckpulsationen und sehr hohe Schalldruckpegel von über 160 dB im Abgasstrang zu bewältigen. Es wurden daher zwei Lösungsansätze verfolgt.

#### SCHUTZ DER KOMPONENTEN

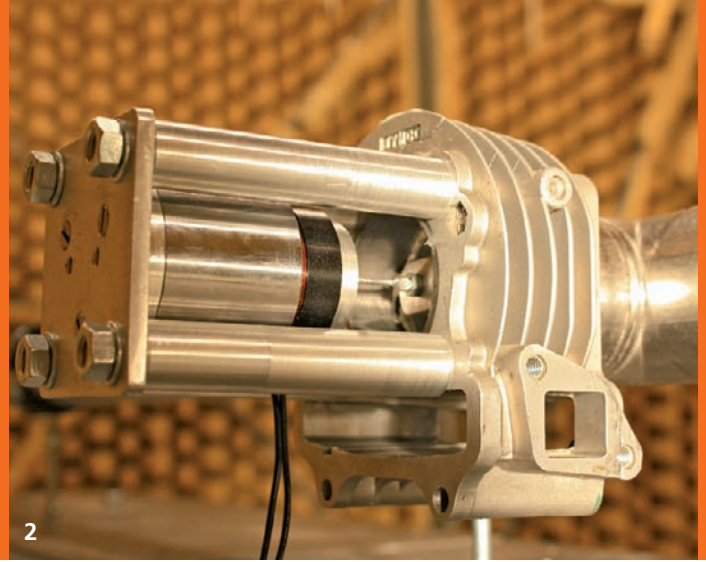
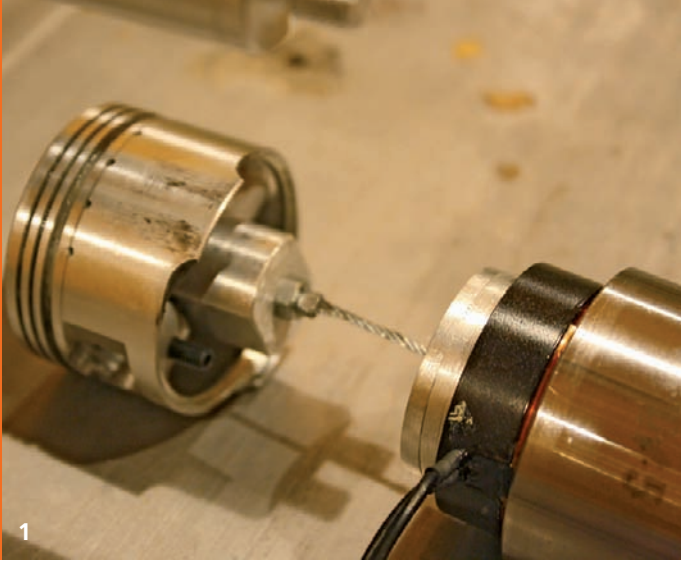
Die bisher üblichen Komponenten von aktiven Systemen bestehen häufig aus preiswerten elektrodynamischen Lautsprechern und Elektretmikrofonen, die bis zu einer Temperatur von etwa 120 °C verwendbar sind. Mit diesen Komponenten wurde ein aktiver Versuchsschalldämpfer mit integriertem DPF aufgebaut. Sein Funktionsprinzip

beruht auf einem am Fraunhofer IBP entwickelten aktivierten Resonatorschalldämpfer (Feedbacksystem) [1]. Zum thermischen Schutz der Komponenten wurde ein Konzept entwickelt, das aus Schutzfolien und gezielter Wärmeableitung besteht und gleichzeitig möglichst hohe akustische Transparenz bietet [2].

Die akustischen Eigenschaften wurden auf dem Schalldämpfer-Prüfstand des Fraunhofer IBP überprüft. Die ermittelte Dämpfung der aktiven Komponente von ca. 4 dB im Frequenzbereich 32 Hz bis 63 Hz zeigt, dass die schützenden Elemente die erreichbare Dämpfungsleistung beeinflussen. Unter realen Bedingungen, insbesondere bei hohen Schalldrücken auf dem Motorenprüfstand, erweist sich die zu geringe akustische Leistung der geschützten Lautsprecher als Hauptproblem. Hingegen wurde die kritische Temperatur von 120 °C an den aktiven Komponenten während der Messung nicht überschritten.

#### ALTERNATIVE SCHALLQUELLE

Eine Alternative für den direkten Einsatz am Abgasstrang ist daher die Einbeziehung einer hitzebeständigen und hubstarken Schallquelle. Sie wurde aus einem Kolben und einem Zylinder entwickelt (Hubkolbenaktuator).



Durch die erprobte Anwendung in Motoren kann das Zusammenspiel von Kolben und Zylinder als thermisch äußerst robust angesehen werden. Wird der Kolben mit einem elektrodynamischen Shaker angetrieben, ist die akustische Wirkungsweise des Aktuators vereinfacht mit dem eines elektrodynamischen Lautsprechers vergleichbar. Er kann außerhalb des Abgasstranges liegen, thermisch entkoppelt und ohne akustische Einbußen gekühlt werden. Der für den akustischen Betrieb des Hubkolbens wesentliche Unterschied zum elektro-dynamischen Lautsprecher ist die zu bewegende Masse der Membran bzw. des Kolbens einschließlich der Spule und der sonstigen bewegten Teile.

Aufgrund der thermischen und mechanischen Belastungen sowie der seitlichen Ausbildung des Kolbens zur Führung im Zylinder ist die zu bewegende Masse im Vergleich zu einer dünnen Lautsprechermembran deutlich größer. Generell gilt, dass bei einer fortschreitenden akustischen Welle die Höhe des Schalldrucks proportional zur Beschleunigung ist. Dementsprechend muss zur Erzielung hoher Schalldrücke eine ausreichend große Kraft aufgebracht werden. Um einen Pegel von 160 dB zu erzeugen, wird ein Schalldruck von 2000 Pa benötigt. Dies setzt eine Kolbengeschwindigkeit von 4,8 m/s voraus. Abhängig von der Frequenz muss, z. B. bei 80 Hz, eine effektive Auslenkung von 10 mm geleistet werden. Dies entspricht einem Hub (Spitze-Spitze) von 28 mm. Der Zusammenhang ist in den Diagrammen 1 und 2 grafisch dargestellt.

Ein Demonstrationsaufbau des Hubkolbenaktuators ist in Bild 1 und 2 wiedergegeben. Ein 30 mm langes Drahtseil dient als Gewicht sparende Verbindung zwischen

Kolben und Antrieb (Shaker) und verhindert die Einleitung von Querkräften. Im Laborversuch wurde bei 80 Hz ein Pegel von 135 dB erreicht, was mit dem rechnerischen maximalen Pegel übereinstimmt. Einerseits muss die bewegte Gesamtmasse weiter reduziert werden, um höhere Schalldruckpegel zu erreichen – ohne die Stabilität zu beeinträchtigen, ist dies z. B. mit ausgehöhlten Kolben möglich. Andererseits sind Antriebe mit größerem Hub einzusetzen.

Die Eignung des Hubkolbensystems als aktive Schallquelle wurde in einem einfachen Feedforward-System mit Sinusanregung überprüft. Die dabei durchschnittlich erreichte aktive Dämpfung lag im Bereich von 32 Hz bis 630 Hz bei 20 dB.

Diagramm 1: Schalldruckpegel bei konstanter Kraft.

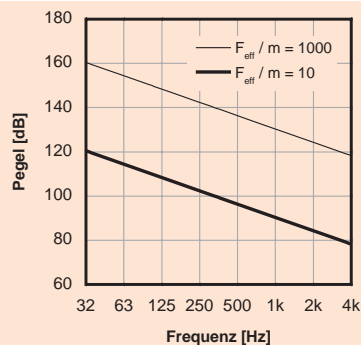
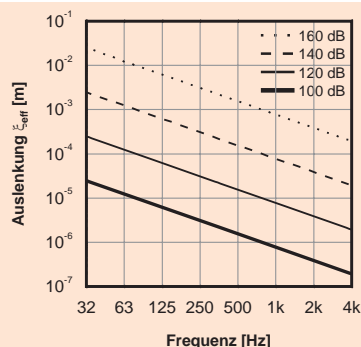


Diagramm 2: Benötigte Auslenkung des Kolbens bei konstantem Schalldruck.



## ZUSAMMENFASSUNG

Der Abgasschall von Dieselmotoren ist künftig mit platzsparenden Schalldämpfern zu reduzieren, da die notwendigen Partikelfilter Bauraum beanspruchen. An sich besteht die Möglichkeit, aktive Schalldämpfer mit preiswerten Komponenten einzusetzen, wenn sie vor Hitze geschützt werden können. Zwar funktioniert der thermische Schutz, er reduziert jedoch die akustische Leistungsfähigkeit so stark, dass sich die erforderlichen hohen Pegel nicht mehr erzeugen lassen.

Es besteht daher Bedarf an Aktuatoren, die bei den hohen Temperaturen im Abgassystem dauerhaft hohe Pegel generieren. Dazu wurde ein neuartiges Hubkolbensystem entwickelt und getestet. Anhand eines Demonstrationsaufbaus aus Zylinder, Kolben und Tauchspulenaktor konnte die akustische Eignung als aktive Komponente anschaulich nachgewiesen werden. Um noch lautere Abgasgeräusche zu dämpfen, müssen höhere Schalldruckpegel mittels reduzierter Kolbenmasse und stärkerer Antriebe erreicht werden.

Die hier präsentierten Ergebnisse entstanden in einem Projekt [3], gefördert durch das Programm »Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung« mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg (BWPLUS).

**1 + 2 Hubkolbenaktor als alternative Schallquelle, bestehend aus Kolben, Zylinder und einer Tauchspule als Antrieb.**