

Hochfrequente Vibrationen als Indikator für die Untersuchung von Bremsprozessen

P. Holstein¹, C. Probst¹, D. Savitski², K. Augsburg², A. Tharandt³,

¹SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH, Nauendorfer Str. 2,
06112 Halle (Saale), peter.holstein@sonotec.de

²TU Ilmenau, Fak. Maschinenbau, FG KFT,
PF 100565, 98684 Ilmenau, klaus.augsburg@tu-ilmenau.de

³Steinbeis Transferzentrum "Technische Akustik und angewandte Numerik",
Margarethenweg 9a, 04425 Taucha

Einleitung

Neben den typischen NVH-relevanten Geräuschen und Vibrationen werden durch die mikro-physikalischen Prozesse in Bremsen in starkem Maße auch höhere Frequenzen angeregt [1]. Zunehmend werden dabei auch Methoden interessant, die ursprünglich dem Gebiet der Schallemission zuzuordnen sind [2].

Für das Verständnis des Systemverhaltens ist deshalb die simultane Erfassung und Bewertung des gesamten relevanten Frequenzbereichs von Bedeutung. Insbesondere wurden verschiedenen Materialpaarungen und Transferprozesse unter variierenden Prüfstandsszenarien untersucht. Dabei kommen sowohl Methoden der Technischen Akustik als auch modifizierte Verfahren der Schallemission zur Anwendung. Für die Untersuchung der reibungsinduzierten Vorgänge an Bremssystem wurden deshalb breitbandige piezoelektrische Sensoren entwickelt.

Experimentelle Grundlagen

Aufgrund der in den letzten Jahren ständig gewachsenen Rechenleistung ist es möglich, auch im Ultraschallbereich auftretende Ereignisse über längere Zeit experimentell zu erfassen und in Real-Time zu bewerten. Während bei Schallemissionsbewertungen Signale in der Regel nur ereignis- und parameterorientiert ausgewertet werden, ist das bei den eher stochastischen Vorgängen, die auf den Mikroprozessen der Reibung beruhen nicht sinnvoll.

Deshalb wurde eine Umgebung geschaffen, in der Daten kontinuierlich bei hoher Signaldynamik aufgezeichnet werden können. Die Messung (Konfiguration, Kontrolle, Auswertung, spezifische Skripte bis hin zu den kundenorientierten GUI) erfolgt konsequent in einer MATLAB-Umgebung. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität und die Integration fortgeschrittener Signalverarbeitungsverfahren.

Sensoren

Zur Erfassung des hochfrequenten Bereichs werden Sensoren benötigt, die in einem möglichst großem Frequenzbereich keine störenden Resonanzen haben, die den Bezug zu den realen physikalischen Vorgängen verfälschen. Die Unterdrückung unerwünschter Nebenresonanzen wird durch die Verwendung piezoelektrischer Kompositmaterialien erreicht [3,4]. Eine Impression dieser

Verbesserungen ist in Abbildung 1 angedeutet. Gleichzeitig haben diese Sensoren eine hohe Empfindlichkeit. Eine weitere Forderung bestand darin, dass auch der für NVH interessante Frequenzbereich simultan mit erfasst werden kann. Die Kennlinie kann in gewissen Grenzen linearisiert werden. Dadurch ergeben sich viele praktische Anwendungsmöglichkeiten für Prüfstände und Entwicklungsaufgaben im Maschinenbau, in der Instandhaltung und anderen Bereichen. Weitere Vorteile sind die bessere Reproduzierbarkeit der Sensoreigenschaften in der Serie, zusätzlich Freiheitsgrade bei der konstruktiven Gestaltung und Integration sowie die spezifische akustische Beeinflussung der Ankopplung.

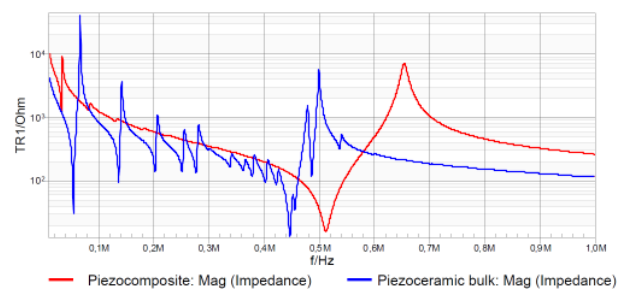


Abbildung 1: AE-Sensoren auf der Basis von Piezokompositen, Impedanzkurven der Piezoelemente des Sensors

Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung einer Methodik für die Erfassung und Analyse der Schallemissionen in der Reibpaarung von KFZ-Brems-Komponenten in realer Prüfstandsumgebung bei simultaner und komplementärer Berücksichtigung des „niederfrequenten“ Bereichs. Dies beinhaltet die Erstellung einer Kalibrierprozedur für die Anwendung am Prüfstand. Insbesondere spielte die optimale Platzierung der Sensoren eine wichtige Rolle. Mit Hilfe eines Vibrometers wurden die Probleme, die sich aus der Positionierung (Entfernung, Transferpfade, Anisotropie von Schwingung und Anregung) erfasst und bewertet.

Experimentelle Arbeiten und Ergebnisse

Für die Arbeiten standen zwei Prüfstände an der TU Ilmenau zur Verfügung. Variiert wurden die relevanten experimentellen Parameter wie Bremsdruck, Materialpaarungen und Drehzahl. Die Ergebnisse hingen – wie zu erwarten – stark von der Positionierung der Ultraschallsensoren ab. Hier sind jeweils spezifische Vorarbeiten für die jeweilige Prüfaufgabe zu leisten, um die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Es konnte bestätigt werden, dass die Methodologie und die Sensorik für die Bewertung des Verschleißgrades der Bremsbelege geeignet ist.

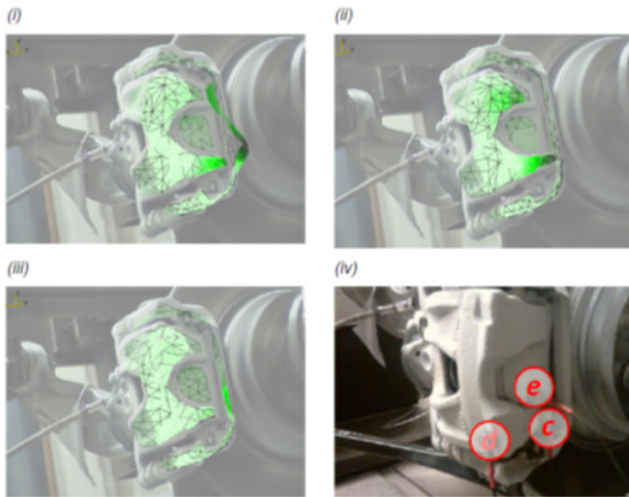


Abbildung 2: Festlegung der optimalen Positionierung der Sensoren für Tests bei einem konventionellen Betriebsmodus; (i) x-Ebene, (ii) y-Ebene; (iii) z-Ebene, (iv) optimale Position

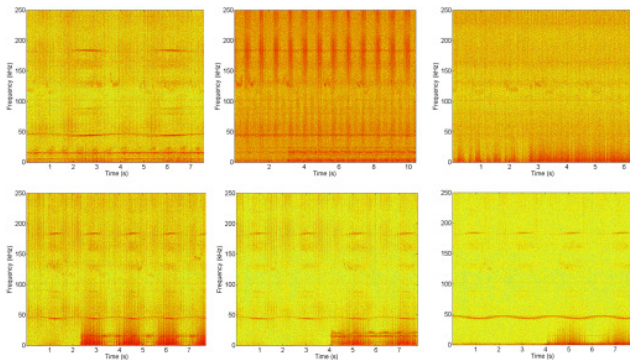


Abbildung 3: Zeit-Frequenz-Muster verschiedener Belastungsszenarien

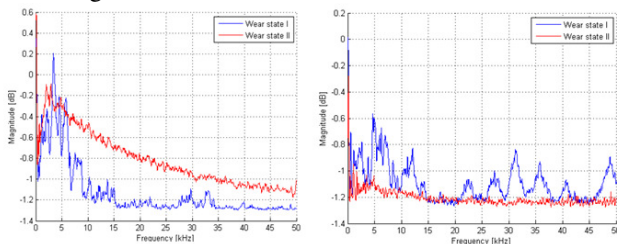


Abbildung 4: Beispiele für die Reaktion des spektralen Verhaltens der Bremsreibung

Die Messergebnisse wurden ihrer spektralen Eigenschaften und vor allem bezüglich der Zeit-Frequenz-Muster bewertet. Eine detaillierte Diskussion der Ergebnisse ist an dieser Stelle nicht möglich.

Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine neue Messplattform zur Untersuchung tribologischer Phänomene und Prüfvorgänge in Kraftfahrzeugbremsen entwickelt und dynamometrischen Prüfständen getestet. Es konnte gezeigt werden, dass insbesondere für reibungsinduzierte Phänomene breitbandige Schallemissionssensoren wertvolle Beiträge zur Charakterisierung der Elementarprozesse bei Bremsvorgängen oder vergleichbaren Vorgängen liefern können.

Die Besonderheit der Sensoren für akustische Emission besteht darin, dass Materialien auf der Basis von Piezokompositen verwendet wurden. Dies führte zu einigen vorteilhaften Eigenschaften. Die Frequenzgänge erlauben Bewertungen spektraler Verteilungen der Vibrationsenergie in einem sehr weiten Frequenzbereich. Dies schließt auch den für KFZ-Akustik bedeutsamen NVH-Bereich ein. Durch die simultane Erfassung von Vibration und hochfrequenter Emission sind insbesondere Untersuchungen zur Quellen der Anregung und zu Transferprozessen erfassbar.

Danksagung

Die Arbeiten wurden teilweise durch das AiF ZIM-Projekt „Neue Generation von Schallemissionssensoren für den speziellen Einsatz an KFT-Prüfständen“ (Förderkennzeichen KF2266003AB1) gefördert.

Literatur

- [1] Wernitz; B. A, Friction Interface Mechanics and Self-Induced Vibrations, Diss. 2013 TU Hamburg-Harburg, http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2013/1246/pdf/BA_W_Diss_041213_digital.pdf
- [2] Sikorski, W., Acoustic Emission, free online edition in InTech Books and Journals, www.intechopen.com, 2012
- [3] Probst, C., Holstein, P., Surek, D., Tharandt, A.: Acoustic Emission Sensors based on Piezo-Composites for Machinery Engineering Applications, Berichtsband International Conference on Acoustics AIADAGA, Meran, ISBN 978-3-939296-05-8, 2013
- [4] Probst, C., Holstein, P., Surek, D., Tharandt, A., Münch, H.-J., Savitzky, D. Anwendungen von AE-Sensoren basierend auf Piezokompositen in der Maschinendiagnose und Prozessüberwachung, 19. Proceed. Kolloquium Schallemission, Augsburg, Sept. 2013