

Symposium LeichtFahr

Vibroakustische Charakterisierung von Fahrzeugen für NVH-Simulationsumgebungen

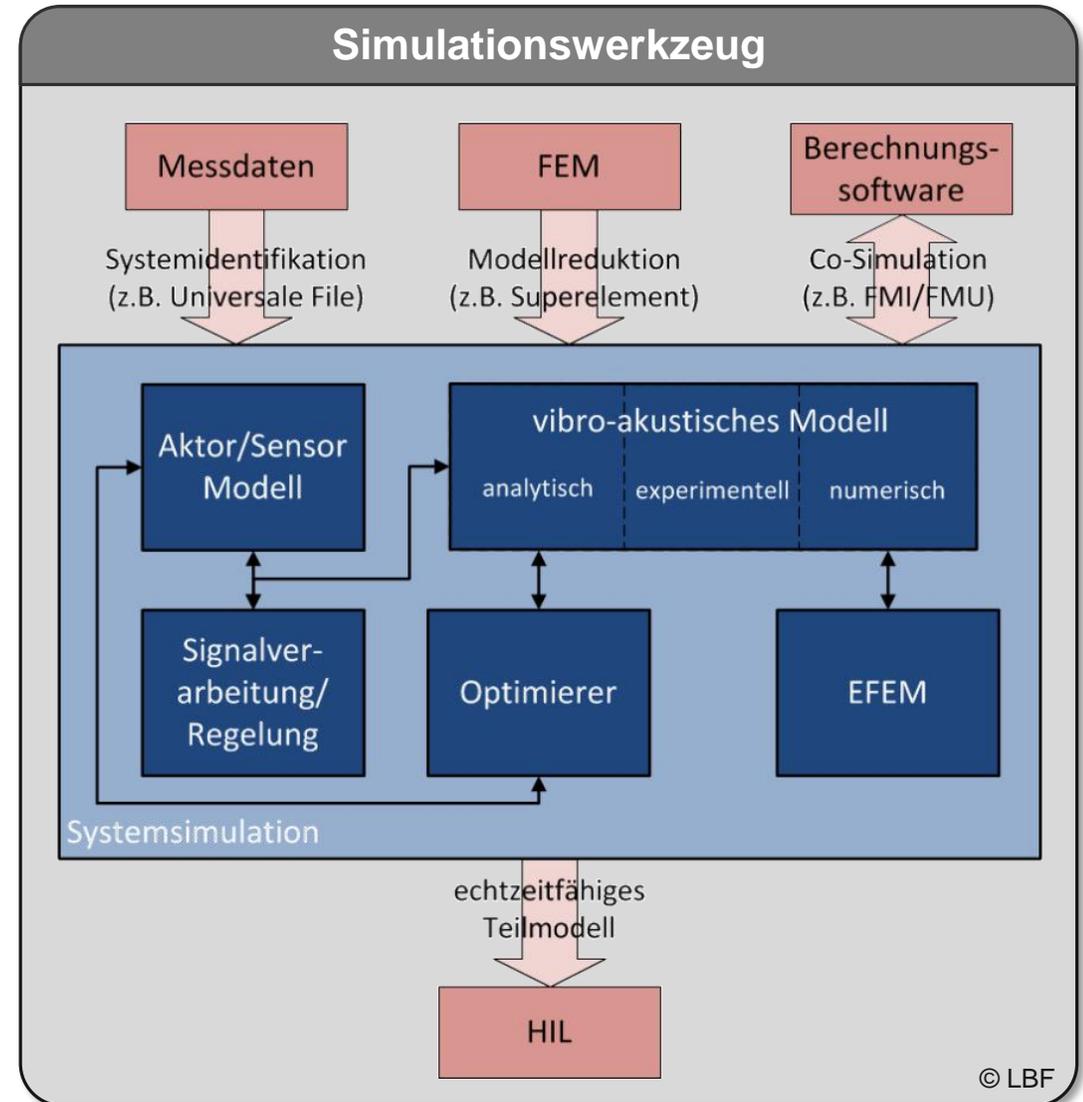
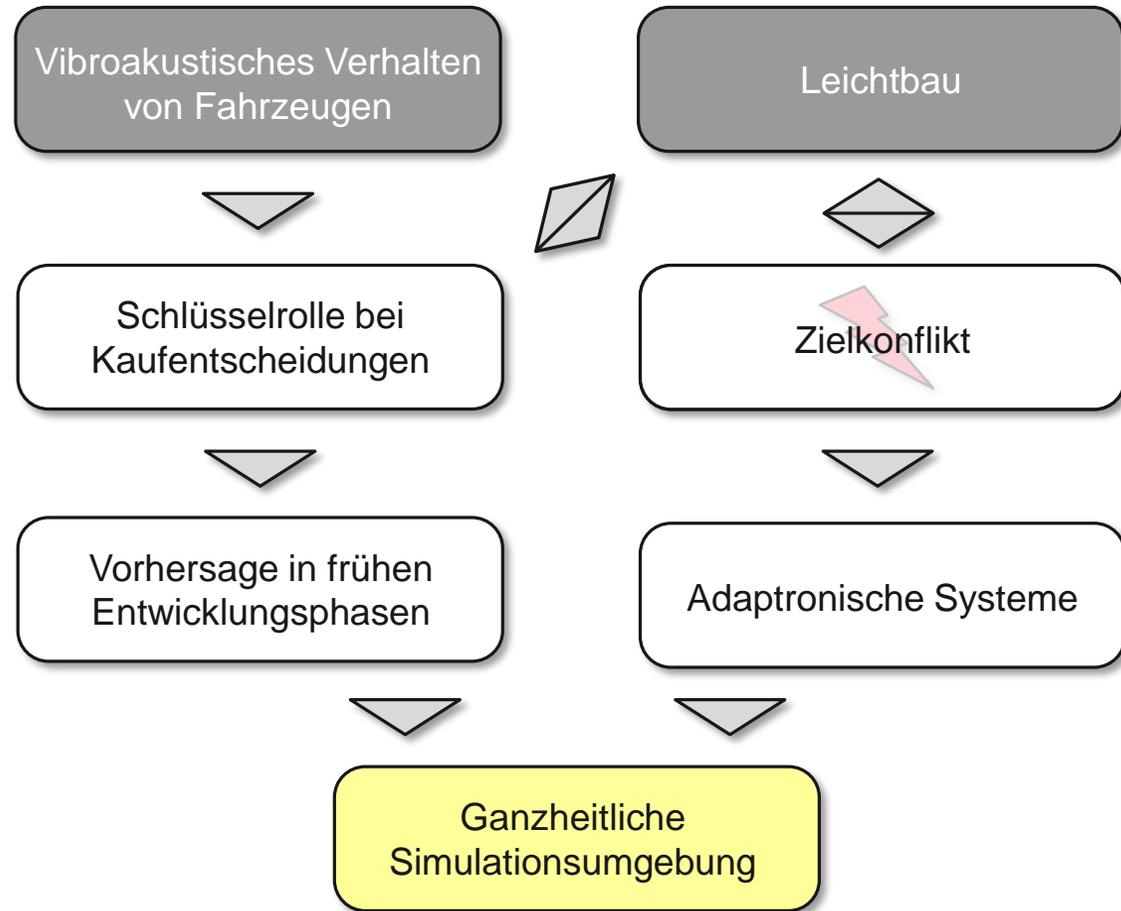
Darmstadt, 23. Oktober 2019

Patrick Hüskens M.Sc.

Thomas Böttcher M.Sc.

Institut für Kraftfahrzeuge

- Motivation
- Vibroakustische Vermessung Demonstratorfahrzeug
- Vermessung und Validierung Teilmodelle
- Bewertung der Maßnahmen
- Einbindung von Messdaten in AdaptroSim
- Zusammenfassung



- Motivation
- Vibroakustische Vermessung Demonstratorfahrzeug
- Vermessung und Validierung Teilmodelle
- Bewertung der Maßnahmen
- Einbindung von Messdaten in AdaptroSim
- Zusammenfassung

Vibroakustische Vermessung Demonstratorfahrzeug

Transferpfadanalyse Ausgangszustand (1/3)



15 Referenzpunkte

Gruppierung	Kurzbezeichnung
Anbindung Motorlager zu Karosserie (vorne, mittig, hinten)	MtLg:Kar_vl
	MtLg:Kar_vr
	MtLg:Kar_ml
	MtLg:Kar_mr
	MtLg:Kar_hl
Anbindung Getriebebrücke zu Karosserie (mittig)	MtLg:Kar_hr
	GeBr:Kar_ml
Anbindung Hinterachsfahrschemel zu Karosserie (vorne, hinten)	GeBr:Kar_mr
	FaSch:Kar_vl
	FaSch:Kar_hl
	FaSch:Kar_vr
	FaSch:Kar_hr

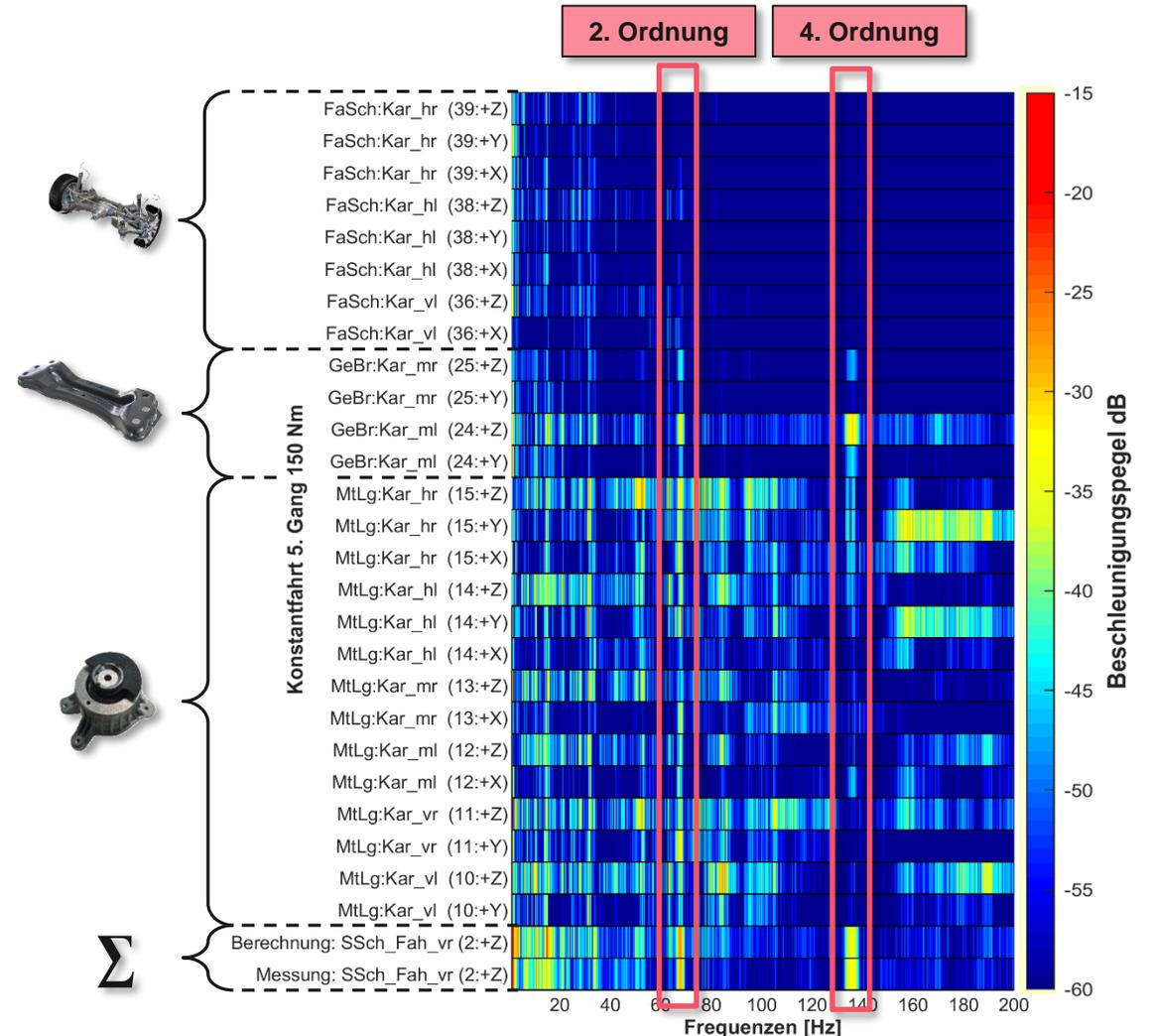
26 Transferpfade

Vibroakustische Vermessung Demonstratorfahrzeug

Transferpfadanalyse Ausgangszustand (2/3)

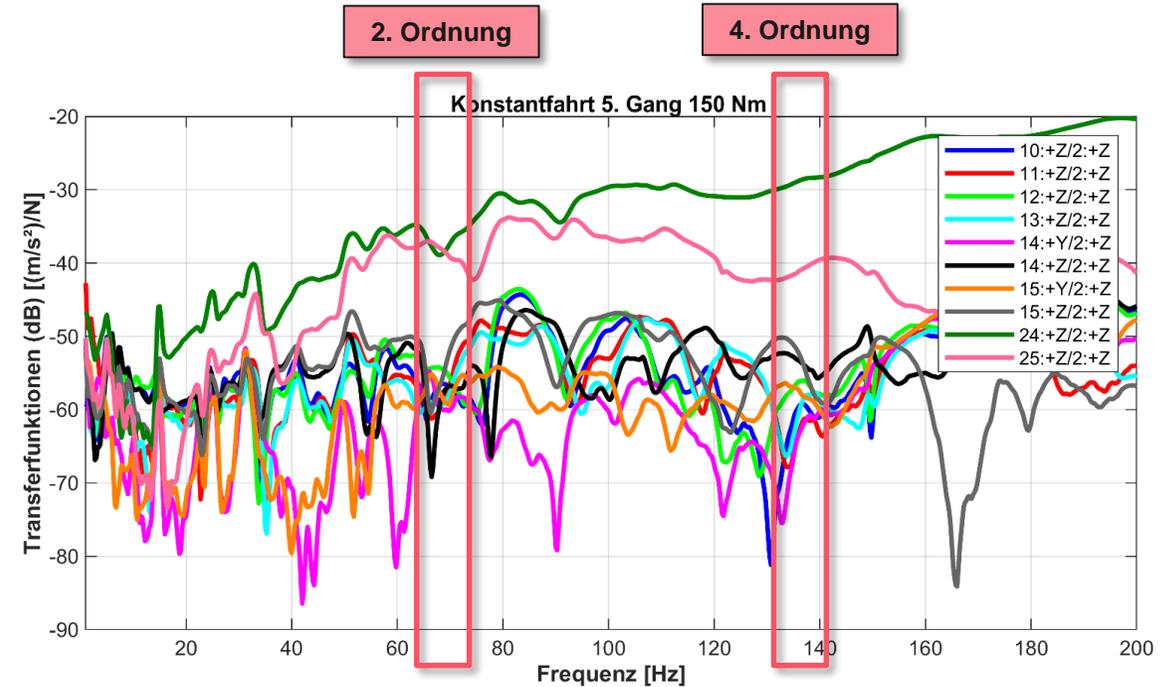
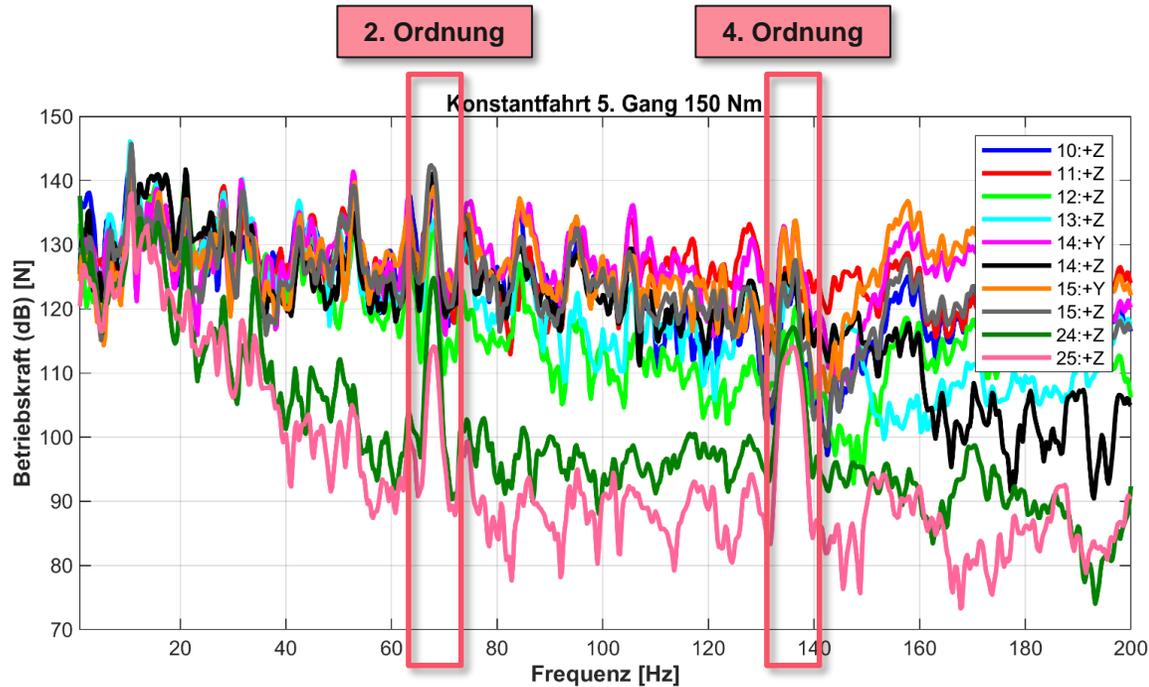
		Dominate Transferpfade	
		2. Motorordnung	4. Motorordnung
Körperschall	<ul style="list-style-type: none"> Motorlager (y, z) Fahrmanöverabhängig Getriebebrücke in Sitznähe (z) 	<ul style="list-style-type: none"> Motorlager (y, z) Getriebebrücke in Sitznähe (z) 	
Luftschall	<ul style="list-style-type: none"> Motorlager (x, y, z) Fahrmanöverabhängig Getriebebrücke in Sitznähe (z) 	<ul style="list-style-type: none"> Motorlager (y, z) Fahrmanöverabhängig Getriebebrücke in Sitznähe (z) 	

- Kein signifikanter Beitrag des Fahrschemels
- Übertragung beider Motorordnungen primär über die Motorlager in vertikaler Richtung (z), teilweise auch Querrichtung (y)
- Fahrmanöverabhängig ist auch die Getriebebrücke für die Übertragung relevant
- Übertragung über den Getriebebrückenpfad, der dem Referenzpunkt am nächsten ist (Getriebebrücke linksseitig → Fahrersitz, Getriebebrücke rechtsseitig → Beifahrersitz)



Vibroakustische Vermessung Demonstratorfahrzeug

Transferpfadanalyse Ausgangszustand (3/3)



- Signifikante Verstärkung in Betriebskräften im Bereich beider Motorordnungen
- Bis auf erhöhtes Niveau bei Getriebebrücke (24z, 25z) keine Auffälligkeiten in vibroakustischen Transferfunktionen
 - ▶ Reduktion der Pegel im Innenraum durch Reduktion der in Karosserie eingeleiteten Kräfte
 - ▶ Umgesetzte Maßnahmen: Einsatz aktiver Motorlager, Einbau Hybridgetriebebrücke (Stahl/Kunststoff)

- Motivation
- Vibroakustische Vermessung Demonstratorfahrzeug
- Vermessung und Validierung Teilmodelle
- Bewertung der Maßnahmen
- Einbindung von Messdaten in AdaptroSim
- Zusammenfassung

Vermessung und Validierung Teilmodelle

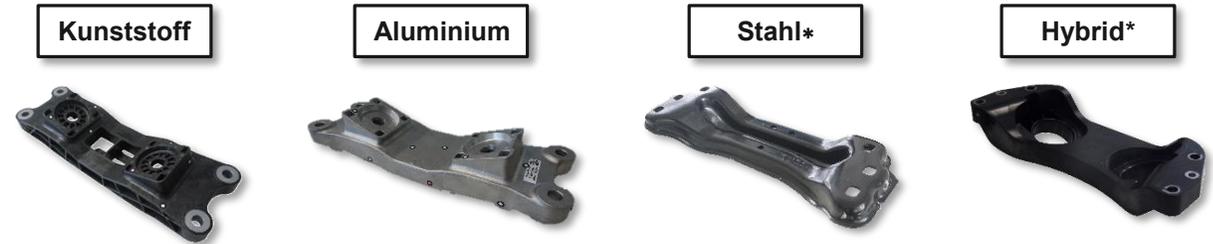
Modalanalyse Getriebebrücken

Methodik

- Anregung mittels Impulshammer und Shaker
- Training neuronale Netze und Berechnung der Eingangsleistung der EFEM durch Daten der Shakermessung
- Dynamische Masse des Shakers führt zu Verringerung der Eigenfrequenzen und Erhöhung der modalen Dämpfung
- ▶ Berücksichtigung der dynamischen Zusatzmasse in den Simulationsmodellen erforderlich

Analyse und Bewertung

- Steifigkeit der Hybridbrücke geringer als die der Stahlbrücke → Niedrigere Eigenfrequenzen, höhere modale Dämpfung
- Eigenfrequenzen der Hybridgetriebebrücke oberhalb des Frequenzbereiches der zweiten und vierten Motorordnung (Drehzahlbereich: Leerlaufdrehzahl bis 4000 U/min)
- ▶ Keine signifikante Verstärkung der übertragenen Schwingungen bei Austausch der Getriebebrücke erwartet



	Torsionsmode 1. Ordnung	Biegemode 1. Ordnung
Kunststoff	172 Hz / 1,66 %	407 Hz / 1,13 %
Aluminium	405 Hz / 0,12 %	567 Hz / 0,11 %
Stahl*	703 Hz / 0,14 %	743 Hz / 0,13 %
Hybrid*	412 Hz / 0,36 %	551 Hz / 0,54 %

* Im Demonstrationsfahrzeug verbaut

Motorordnung	2	4	} Leerlaufdrehzahl bis 4000 U/min
Frequenzbereich	26-133 Hz	51-267 Hz	

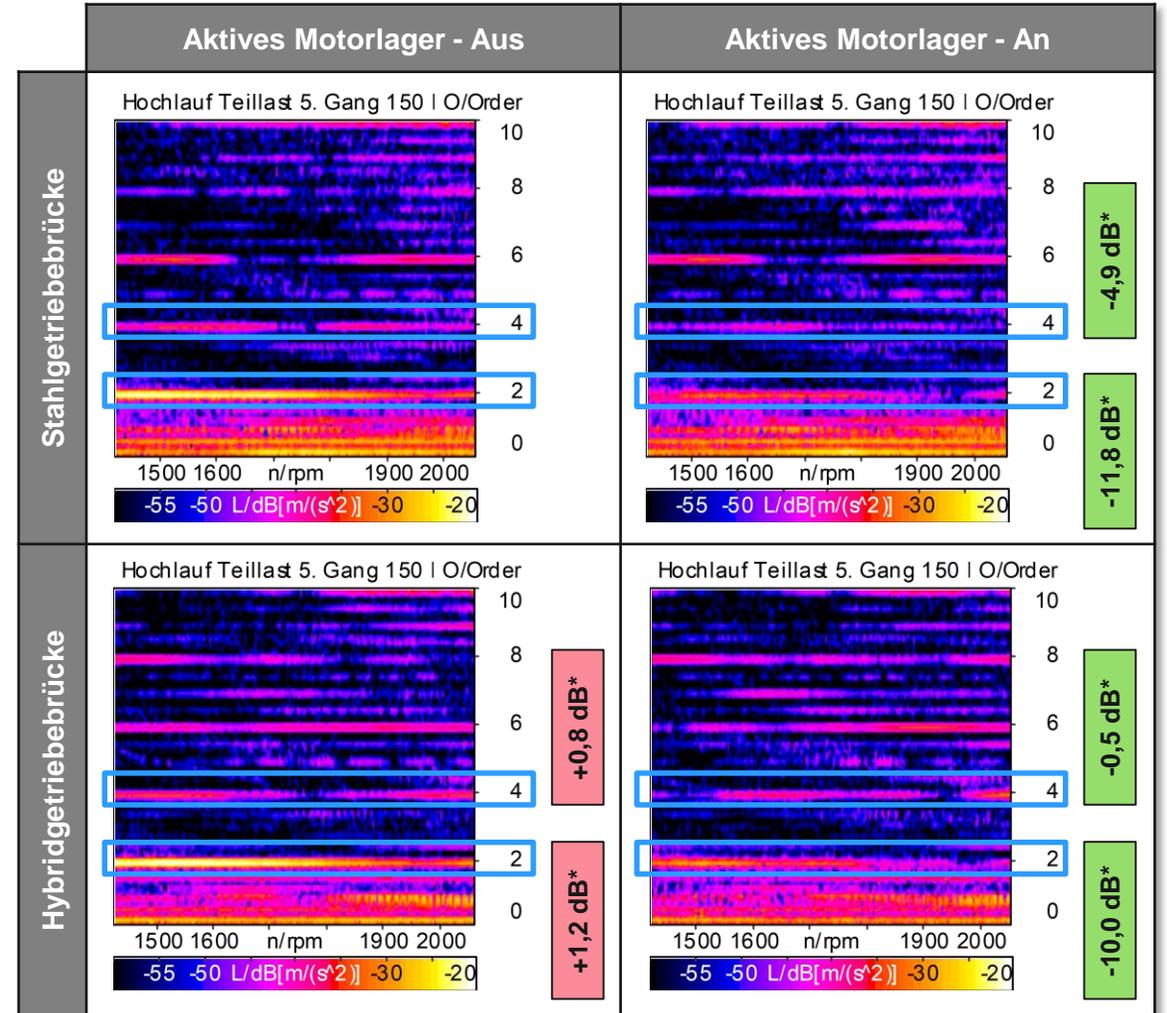
- Motivation
- Vibroakustische Vermessung Demonstratorfahrzeug
- Vermessung und Validierung Teilmodelle
- **Bewertung der Maßnahmen**
- Einbindung von Messdaten in AdaptoSim
- Zusammenfassung

Bewertung der Maßnahmen

Ordnungsanalyse Innenraumgeräusch

	2. Motorordnung	4. Motorordnung
Körperschall		
Luftschall		

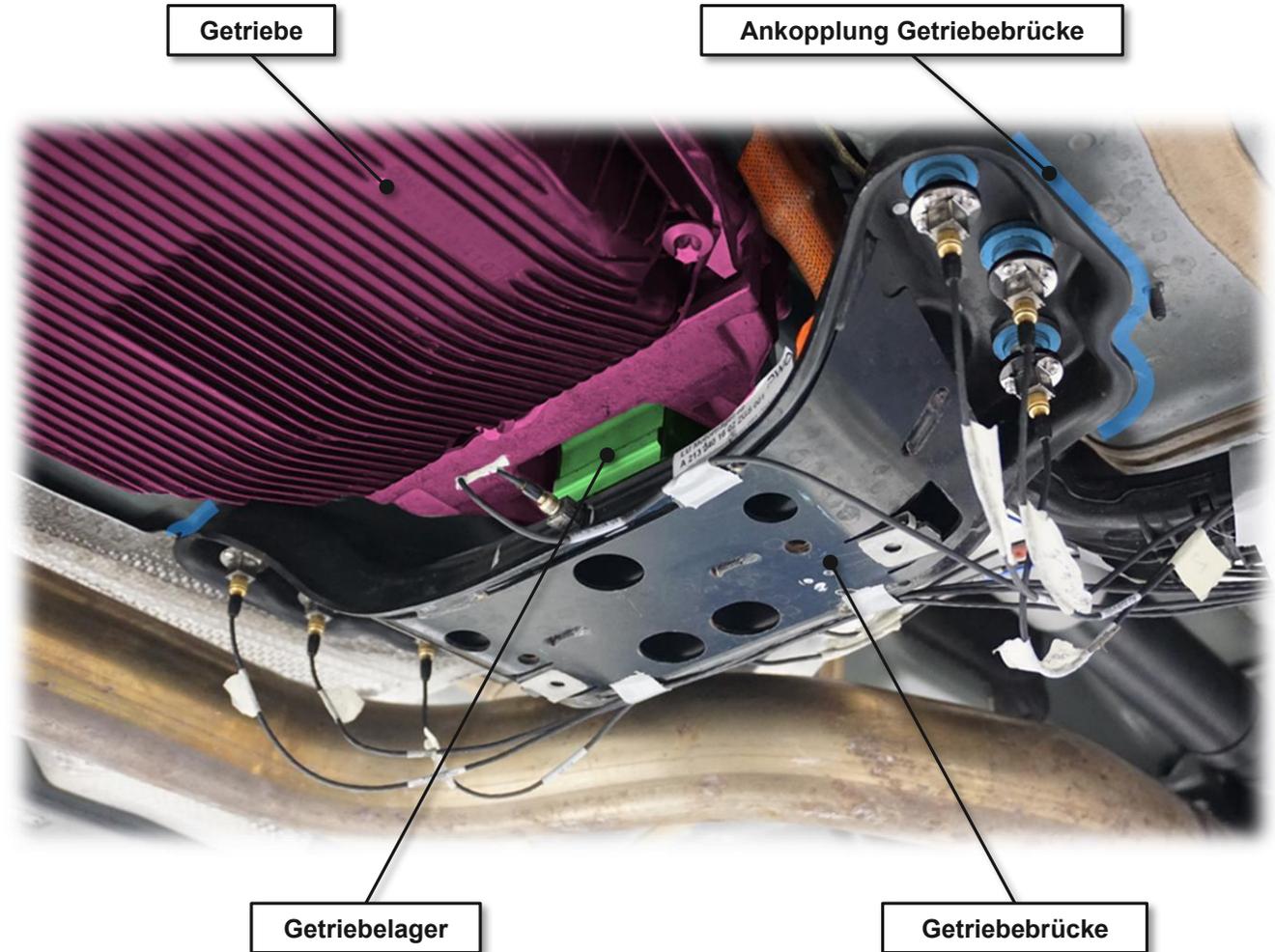
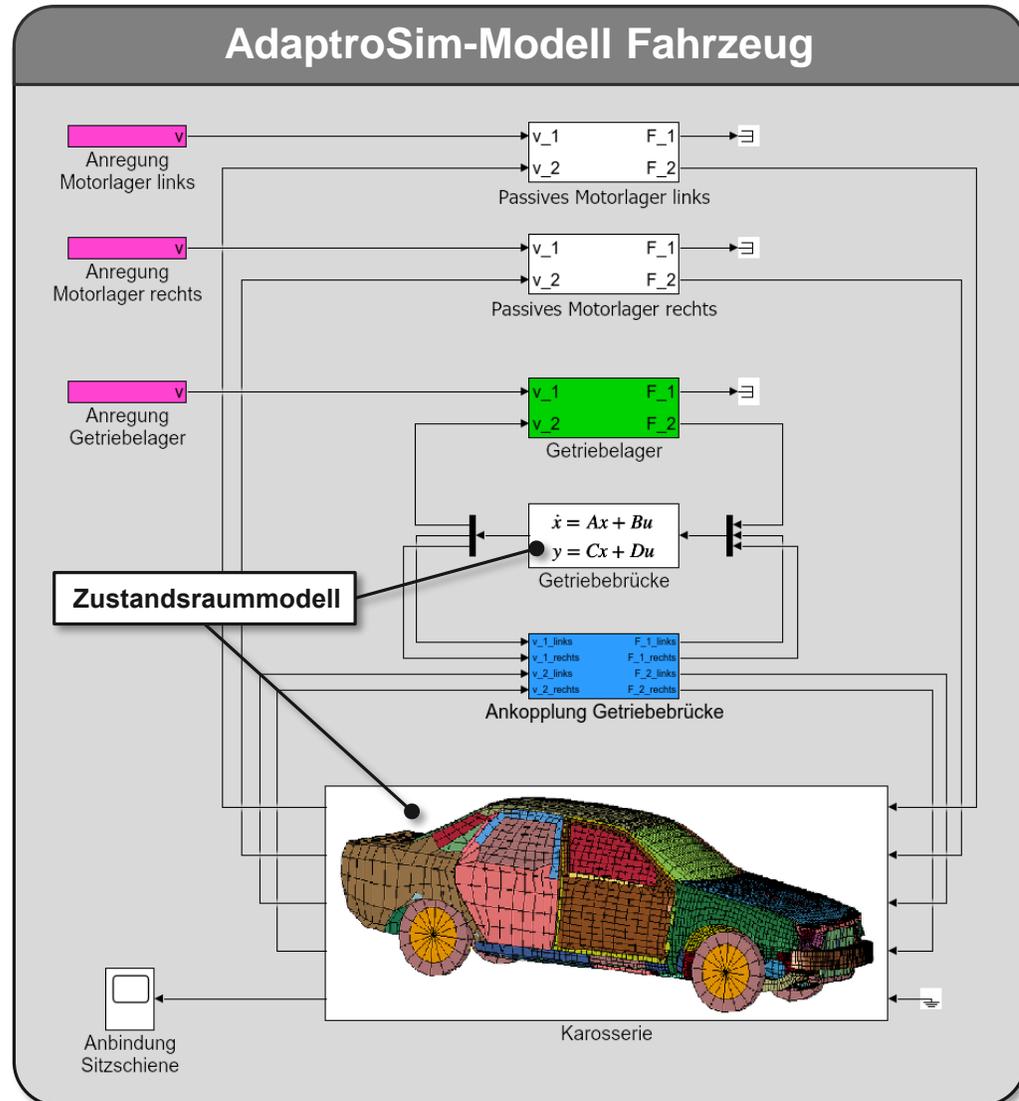
- Pegeldifferenzen bei Wechsel der Getriebebrücke (bis zu 1-3 dB) subjektiv nicht wahrnehmbar
- Pegelreduktion bei zusätzlich aktivierter Motorlagerregelung (bis zu 12 dB Körperschall bzw. 5 dB Luftschall) subjektiv wahrnehmbar
- Gewichtsveränderungen: -1,6 kg durch Getriebebrückenwechsel, +2 kg durch Lagerwechsel
- Leichtbauaspekt der aktiven Lager: Antriebsmodifikationen (z.B. Downsizing)
 - ▶ Anforderung „Effizienzsteigerung ohne wahrnehmbaren Verlust des Innenraumkomforts“ erfüllt
 - ▶ Aktive Motorlager ermöglichen fahrmanöverabhängig sogar Verbesserung des Innenraumkomforts
 - ▶ Auflösung des Zielkonfliktes von Leichtbaukonzepten



* Referenz: Fahrzeug mit Stahlgetriebebrücke und ausgeschaltetem aktiven Motorlager

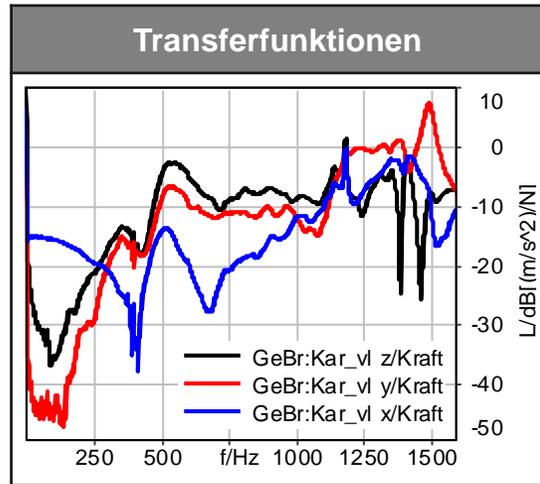
- Motivation
- Vibroakustische Vermessung Demonstratorfahrzeug
- Vermessung und Validierung Teilmodelle
- Bewertung der Maßnahmen
- Einbindung von Messdaten in AdaptoSim
- Zusammenfassung

Einbindung von Messdaten in AdaptoSim Fahrzeugmodell

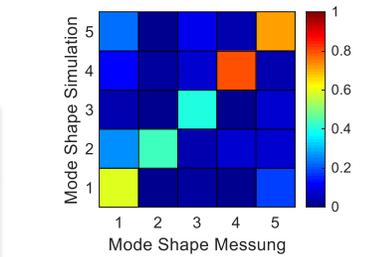
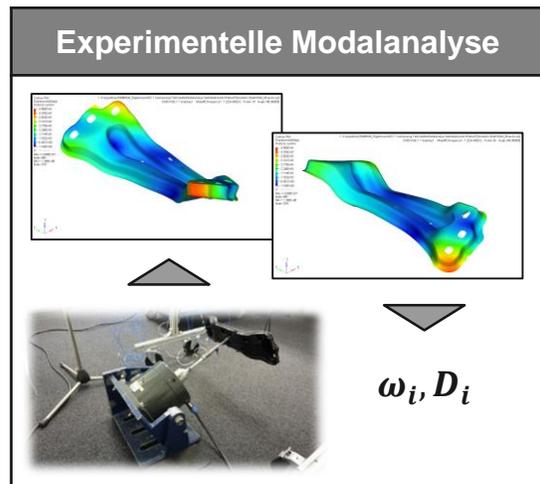
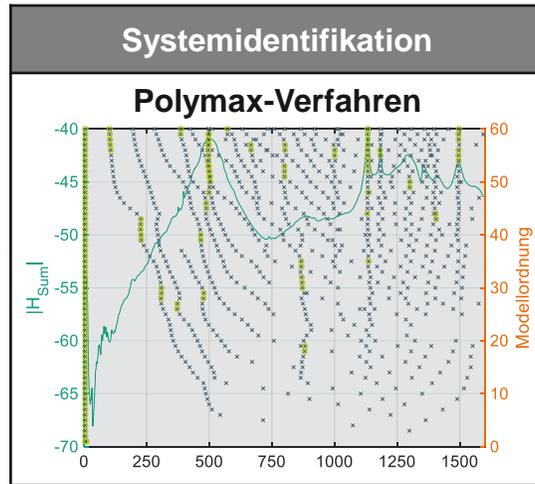


Einbindung von Messdaten in AdaptoSim

Methodik



Admittanz $\frac{V}{F}$
Universale File Format



Korrelation



Ansys Full Nastran Superelement

Zustandsraummodell

Block Parameters: Getriebebrücke

State Space model:
 $\dot{x} = Ax + Bu$
 $y = Cx + Du$

Parameters:

A: full(Zustandsraum.a)
 B: Zustandsraum.b
 C: Zustandsraum.c
 D: Zustandsraum.d

Initial conditions: 0
 Absolute tolerance: auto
 State Name: (e.g., 'position')

DGL-System 2. Ordnung

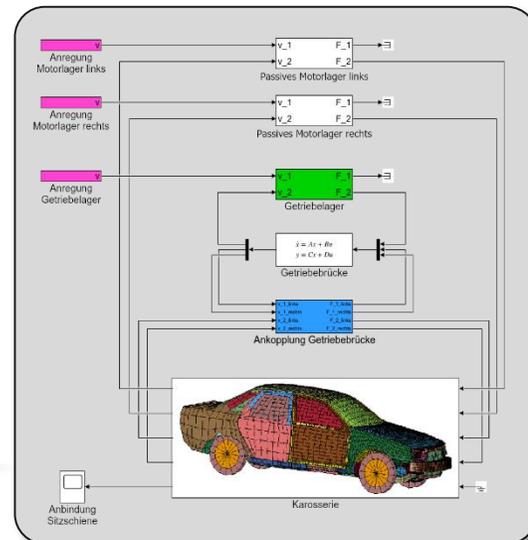
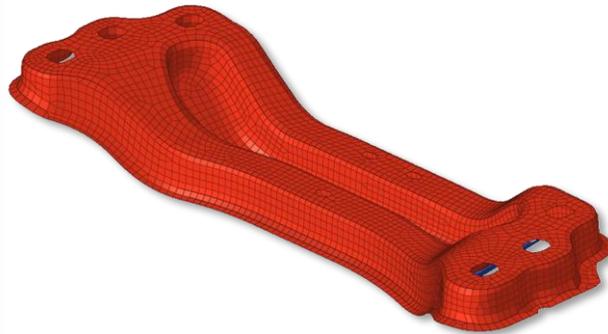
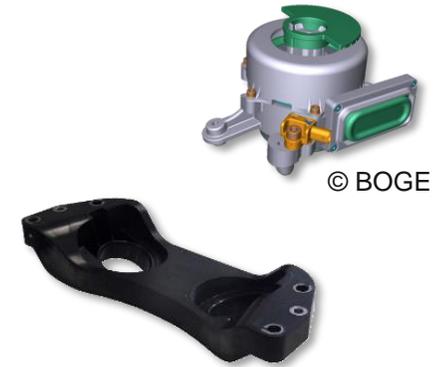
$$Bu = M\ddot{x} + D\dot{x} + Kx$$

$$y = Cx$$

mit: $B = E, C = E$

- Motivation
- Vibroakustische Vermessung Demonstratorfahrzeug
- Vermessung und Validierung Teilmodelle
- Bewertung der Maßnahmen
- Einbindung von Messdaten in AdaptroSim
- Zusammenfassung

- In „LeichtFahr“ umgesetzte Leichtbau- und NVH-Maßnahmen:
 - Einsatz aktiver statt passiver Motorlager
 - Austausch der Stahlgetriebebrücke gegen Hybridgetriebebrücke
- Bewertung der Maßnahmen durch vibroakustische Vermessung des Demonstratorfahrzeugs vor und nach Umsetzung
- Maßnahmen steigern Effizienz bei gleichbleibendem bzw. erhöhtem Innenraumkomfort
- Auflösung des Zielkonfliktes zwischen Leichtbau und NVH-Verhalten



- Vermessung der Hybridgetriebebrücke:
 - Modalanalyse
 - Shakermessung zur Generierung von Modelleingangsdaten
- Einbindung von gemessenen Transferfunktionen und FE-Modellen in AdaptoSim

Kontakt

Patrick Hüsken M.Sc.

Institut für Kraftfahrzeuge (ika)
RWTH Aachen University
Steinbachstraße 7
52074 Aachen

Telefon +49 241 80 25659

Fax +49 241 80 22147

E-Mail patrick.hueskens@ika.rwth-aachen.de

Internet www.ika.rwth-aachen.de

Kontakt

Thomas Böttcher M.Sc.

Institut für Kraftfahrzeuge (ika)
RWTH Aachen University
Steinbachstraße 7
52074 Aachen

Telefon +49 241 80 25689

Fax +49 241 80 22147

E-Mail thomas.boettcher@ika.rwth-aachen.de

Internet www.ika.rwth-aachen.de