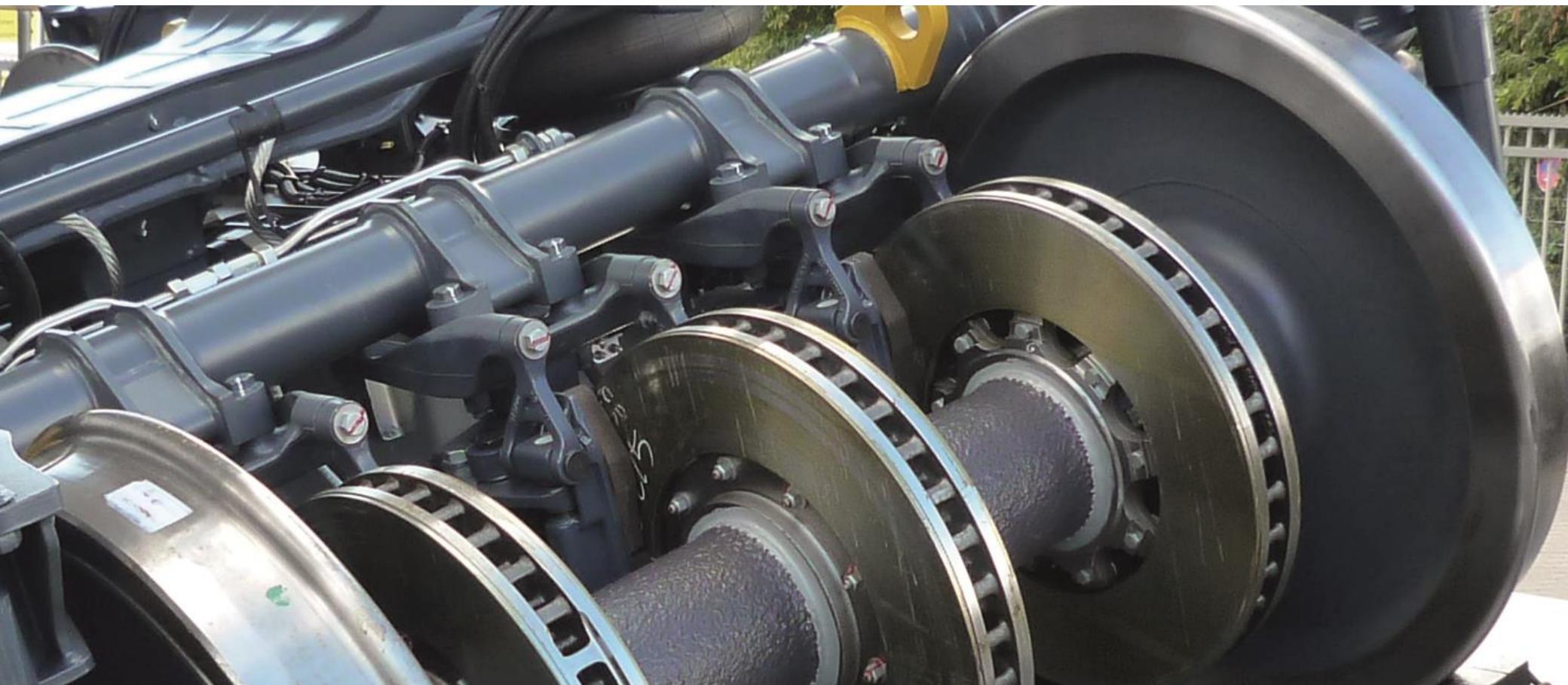




Faculty IV: Science and Technology

Department Mechanical Engineering
Applied Mechanics – Prof. Dr.-Ing. C.-P. Fritzen



Claus-Peter Fritzen & Henning Jung

SAMT 2020 - Sanfte Mobilität

Intelligente Bogies für eine ressourcenschonende Schienenfahrzeugtechnik 2020



Faculty IV: Science and Technology

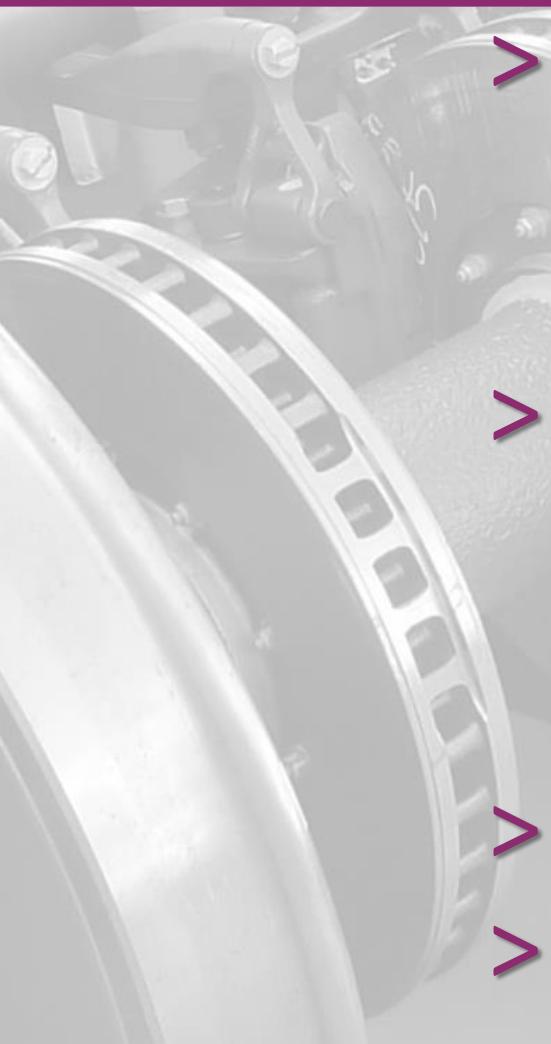
Department Mechanical Engineering
Applied Mechanics – Prof. Dr.-Ing. C.-P. Fritzen



Tram in Den Haag

Achsbruch beim ICE3 am Kölner Hbf 2008





>

Konzept SAMT 2020 Sanfte Mobilität

Die vier Säulen

Kooperationsnetzwerk

Rollenprüfstand für Eisenbahndrehgestelle

>

Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Testinfrastruktur für die zukunftsorientierte Forschung an Eisenbahndrehgestellen

Structural Health Monitoring

Psychoakustische Untersuchungen

Prüfstandsauslegung

>

Aktuelle Testinfrastruktur an der Universität Siegen

>

Zusammenfassung & Ausblick

Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium

The Bogie – Core Part of Rail Vehicles



Tram

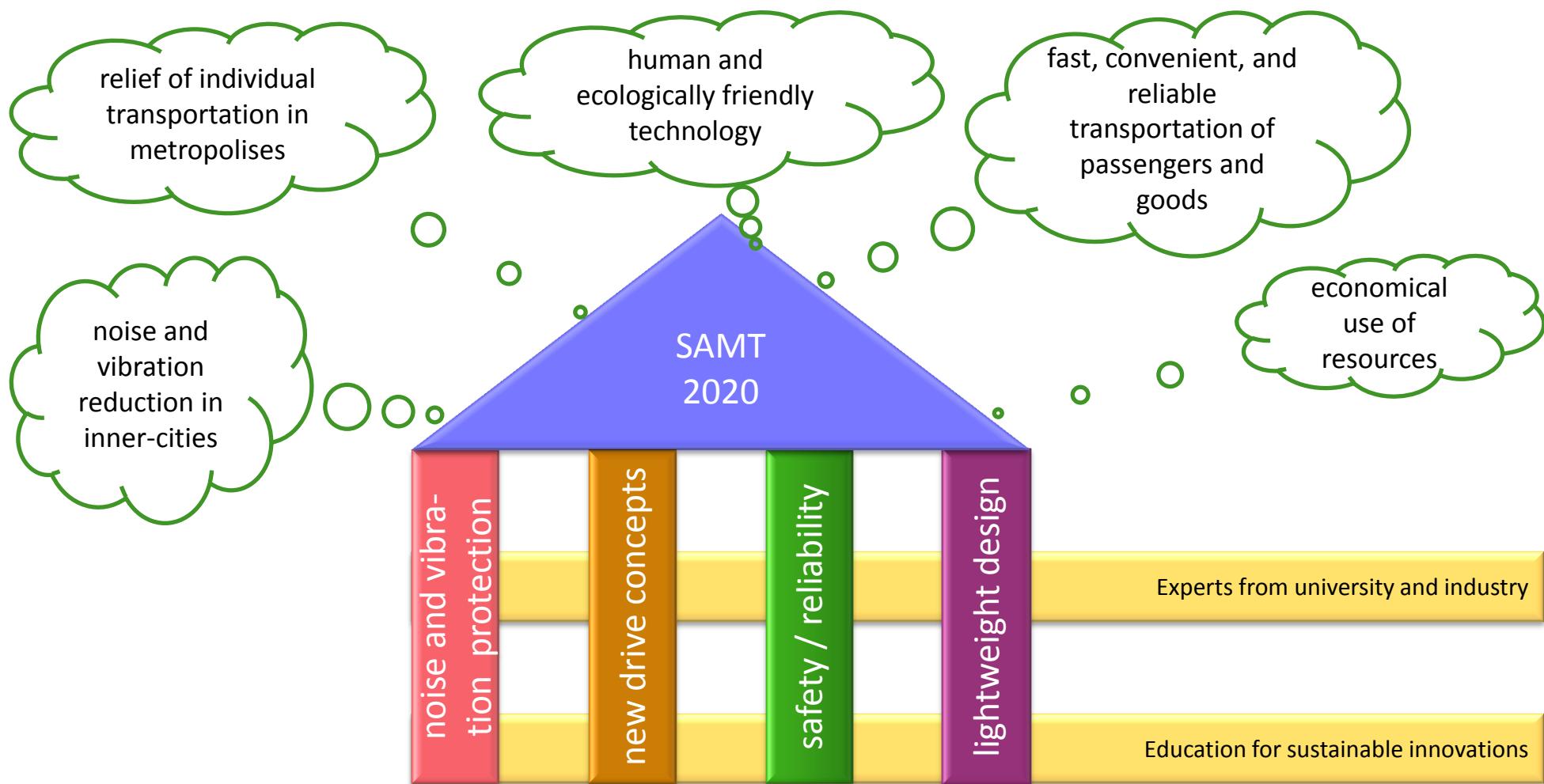


Highspeed Trains



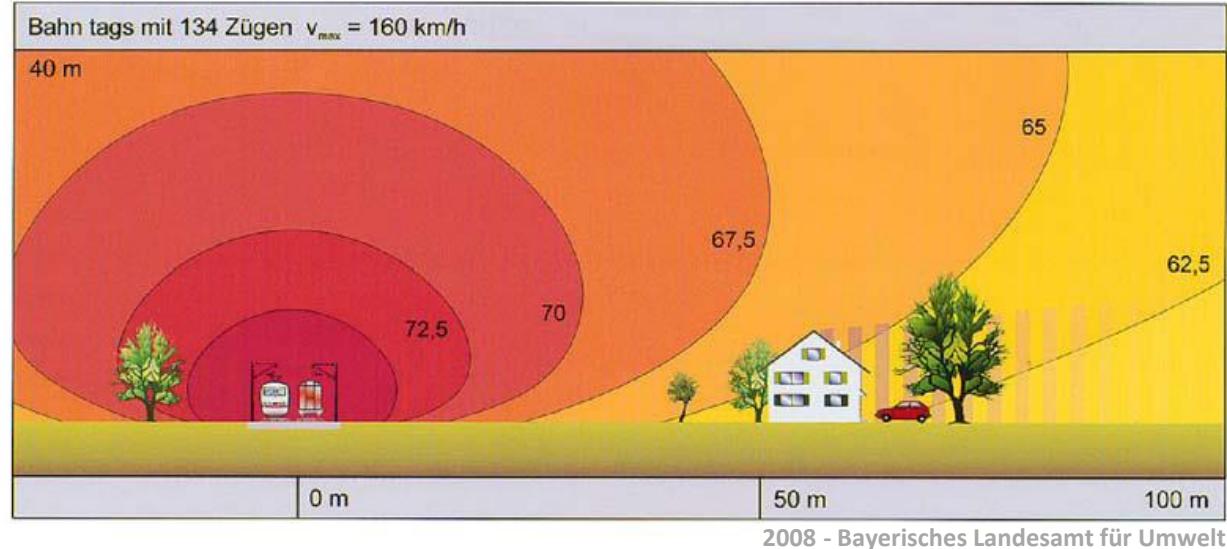
- The bogies primary function is to carry the structure of the car body and to lead the rail vehicle on the track.
- Therefore the bogie is an absolutely essential element of each rail vehicle and needs to be investigated for a sustainable rail vehicle concept.
- Bogies represent a high portion of the total economical value of a rail vehicle

Concept of SAMT 2020 (Nachhaltige Sanfte Mobilität 2020)



Pillar „Noise and Vibration Protection“

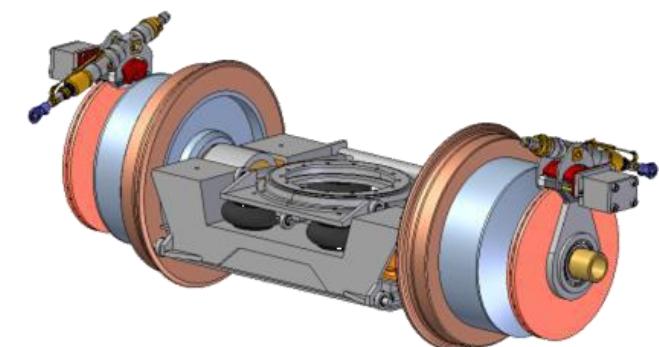
- Measurement and optimization of sound transmission and sound emission is an important topic for an environmentally compatible design of railway vehicles
- Noise and vibrations from trams, underground railways or trains can lead to impairment of health or can lead to demolition of buildings
- Noise mechanisms have to be explored and correlated with vibrations patterns of bogie and wheels, numerical simulation of wheel-rail contact
- New microphone systems with compensation of wind noise effects to measure the train noise during operation.
- GPS-based systems to correlate noise with operational data (position, altitude, velocity, ...)





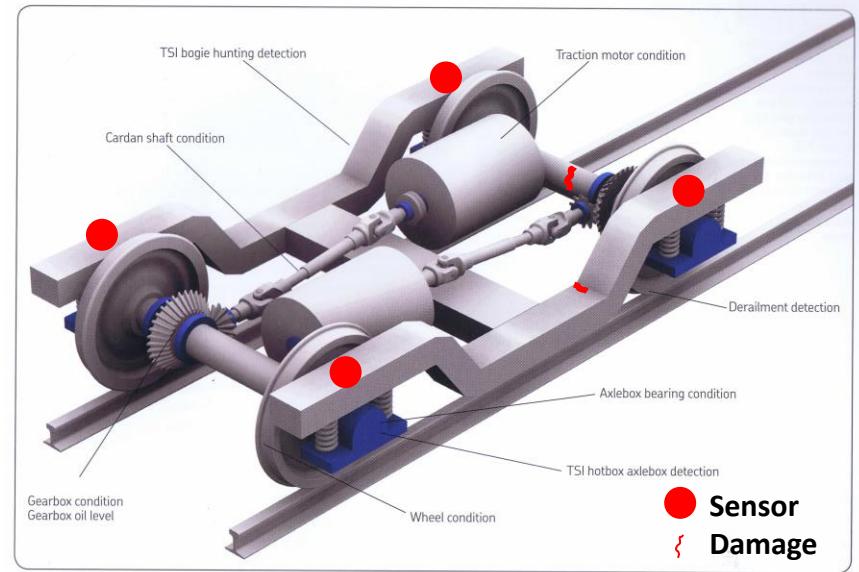
Pillar „New Drive, Braking and Bogie Concepts“

- Bogie technology
 - Alternative bogie concepts (such as IRW bogies; IRW = Independently Rotating Wheels)
 - Optimization of the bogie frame / frame-less bogie
 - Function integration
- Braking technology
 - Alternative braking concepts (with and without pneumatics)
 - Optimization of wheel-slide protection systems and brake control system (Wheel/Rail contact)
 - Integration of the brake system into the bogie / vehicle
- Drive technology and mechatronic systems
 - Function integration (Drive-Brake Module)
 - Active Bogies (especially controlled IRW)
 - Learning- / proactive bogie (active suspensions)



Pillar „Safety and Reliability“

- Permanent monitoring of safety relevant components of a bogie using data from integrated additional sensors
- Strategy is known as „Condition-Based Maintenance (CBM)“
- This helps to prevent unforeseen stops or unplanned maintenance or severe accidents in passenger or freight transportation
- CBM avoids time-consuming and possibly unnecessary testing (e.g. ultrasonic testing or visual inspection, etc.).
- Trains with tilting technology improving travelling comfort and also allowing a smoother driving through curves,
- New technologies shall be explored for train applications



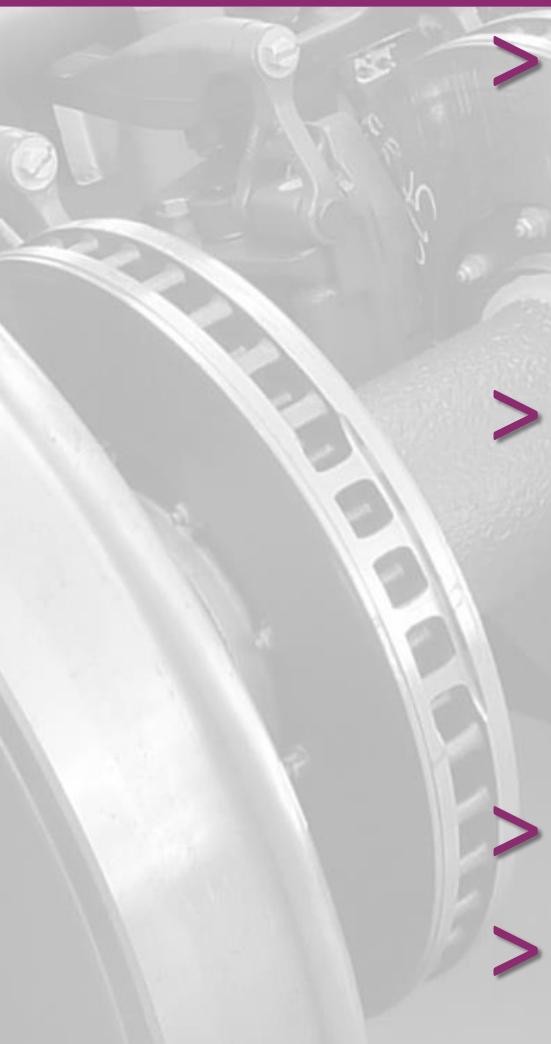
SKF – Railway technical handbook Vol 2

Pillar „Lightweight Design and Materials Testing“

- Lightweight Design is considered with emphasis to wheelsets and bogie frames
- Potential for replacement of traditional materials (predominantly steel) by other (lightweight) materials, e.g. by composites will be explored
- Weight saving will lead to lower energy consumptions and thus is eco-friendly
- Experimental investigations on a test rig simulating realistic operational conditions shall be carried out
- Simulation models for the material behaviour to allow predictions of failure-free operation and the remaining life-time of components shall be developed
- Fatigue testing under Very High Cycle Fatigue (VHCF) conditions is important with respect to the long operational life of trains



Uni Siegen



>

Konzept SAMT 2020 Sanfte Mobilität

Die vier Säulen

Kooperationsnetzwerk

Rollenprüfstand für Eisenbahndrehgestelle

>

Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Testinfrastruktur für die zukunftsorientierte Forschung an Eisenbahndrehgestellen

Structural Health Monitoring

Psychoakustische Untersuchungen

Prüfstandsauslegung

>

Aktuelle Testinfrastruktur an der Universität Siegen

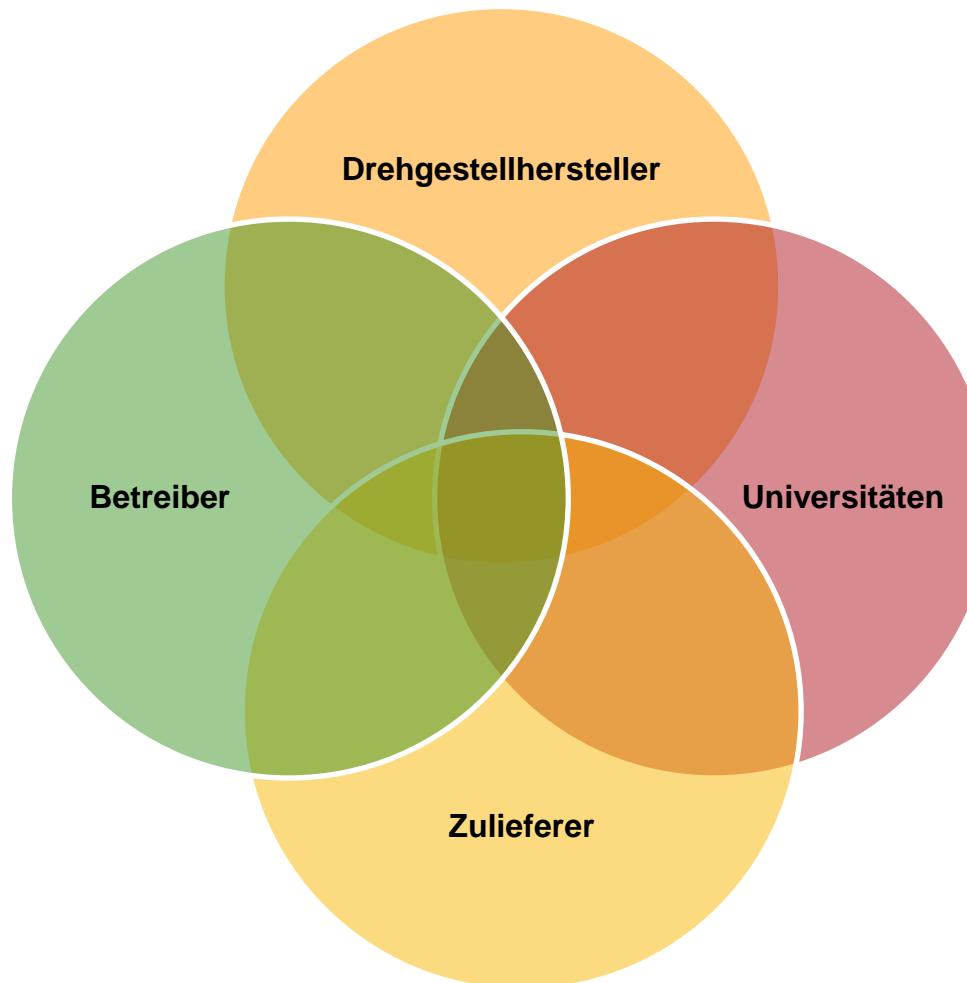
>

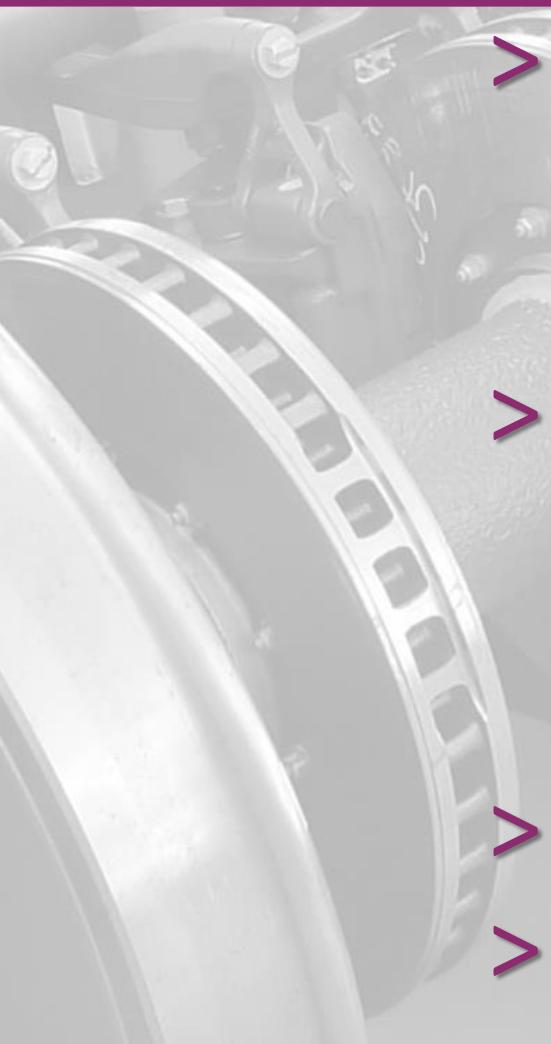
Zusammenfassung & Ausblick

Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium



Kooperationsnetzwerk





>

Konzept SAMT 2020 Sanfte Mobilität

Die vier Säulen

Kooperationsnetzwerk

Rollenprüfstand für Eisenbahndrehgestelle

>

Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Testinfrastruktur für die zukunftsorientierte Forschung an Eisenbahndrehgestellen

Structural Health Monitoring

Psychoakustische Untersuchungen

Prüfstandsauslegung

>

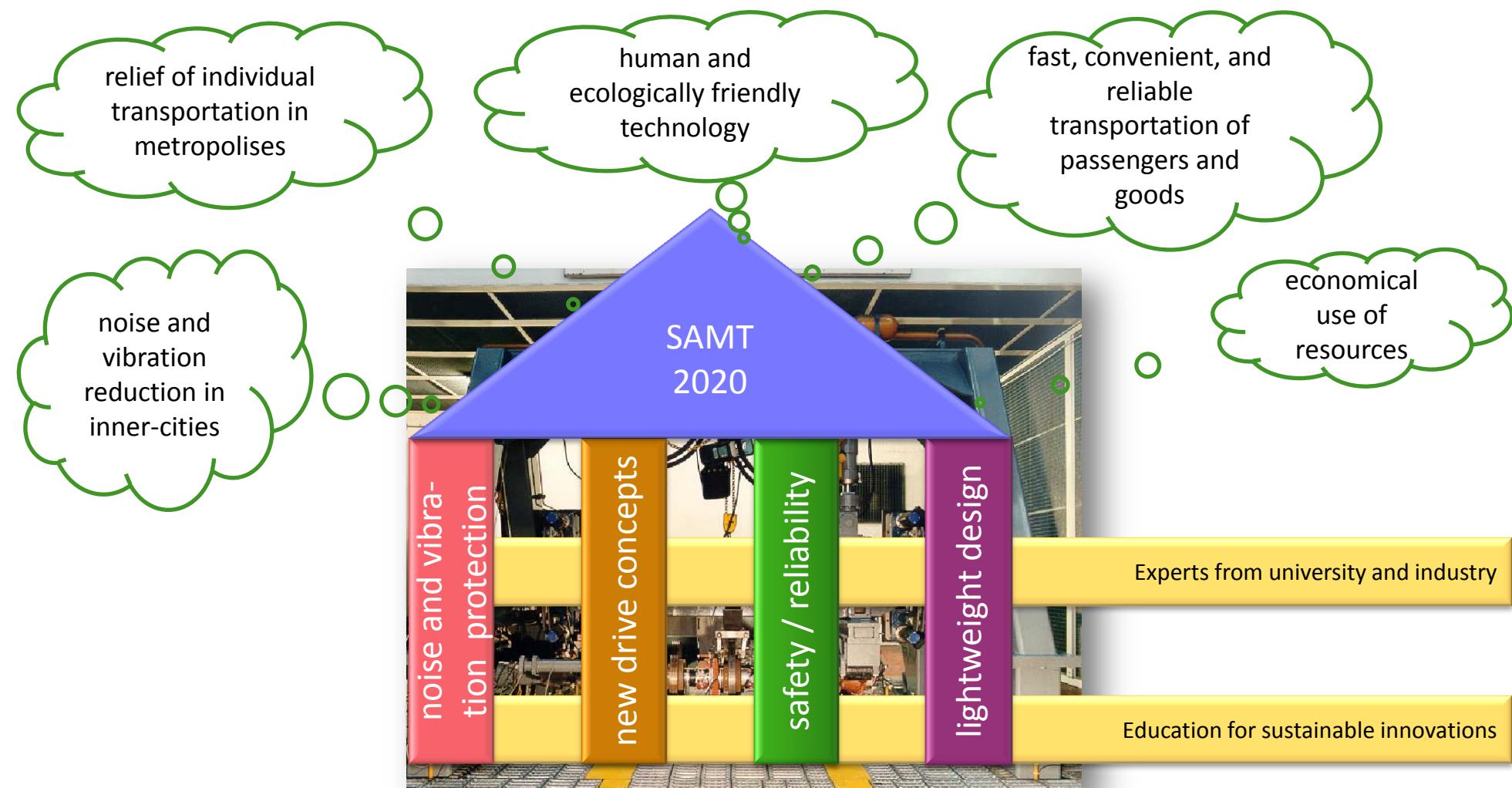
Aktuelle Testinfrastruktur an der Universität Siegen

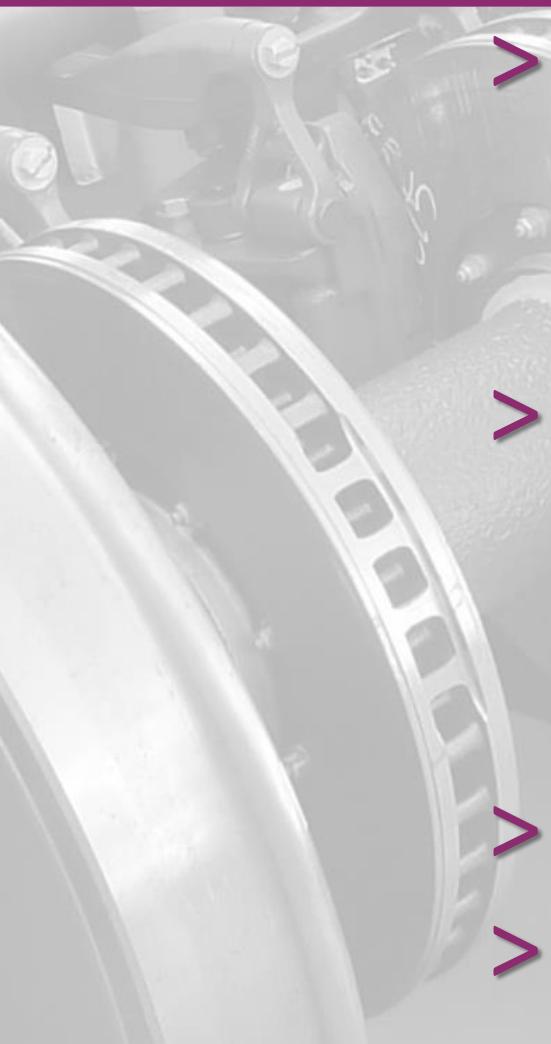
>

Zusammenfassung & Ausblick

Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium

Wie lassen sich die Ziele von SAMT 2020 erreichen?





>

Konzept SAMT 2020 Sanfte Mobilität

Die vier Säulen

Kooperationsnetzwerk

Rollenprüfstand für Eisenbahndrehgestelle

>

Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Testinfrastruktur für die zukunftsorientierte Forschung an Eisenbahndrehgestellen

Structural Health Monitoring

Psychoakustische Untersuchungen

Prüfstandsauslegung

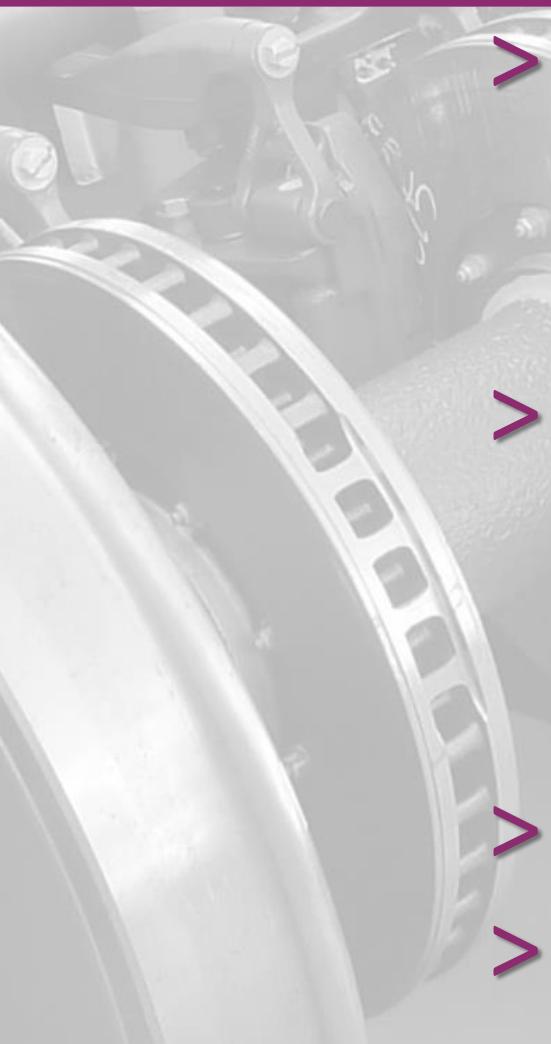
>

Aktuelle Testinfrastruktur an der Universität Siegen

>

Zusammenfassung & Ausblick

Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium



>

Konzept SAMT 2020 Sanfte Mobilität

Die vier Säulen

Kooperationsnetzwerk

Rollenprüfstand für Eisenbahndrehgestelle

>

Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Testinfrastruktur für die zukunftsorientierte Forschung an Eisenbahndrehgestellen

Structural Health Monitoring

Psychoakustische Untersuchungen

Prüfstandsauslegung

>

Aktuelle Testinfrastruktur an der Universität Siegen

>

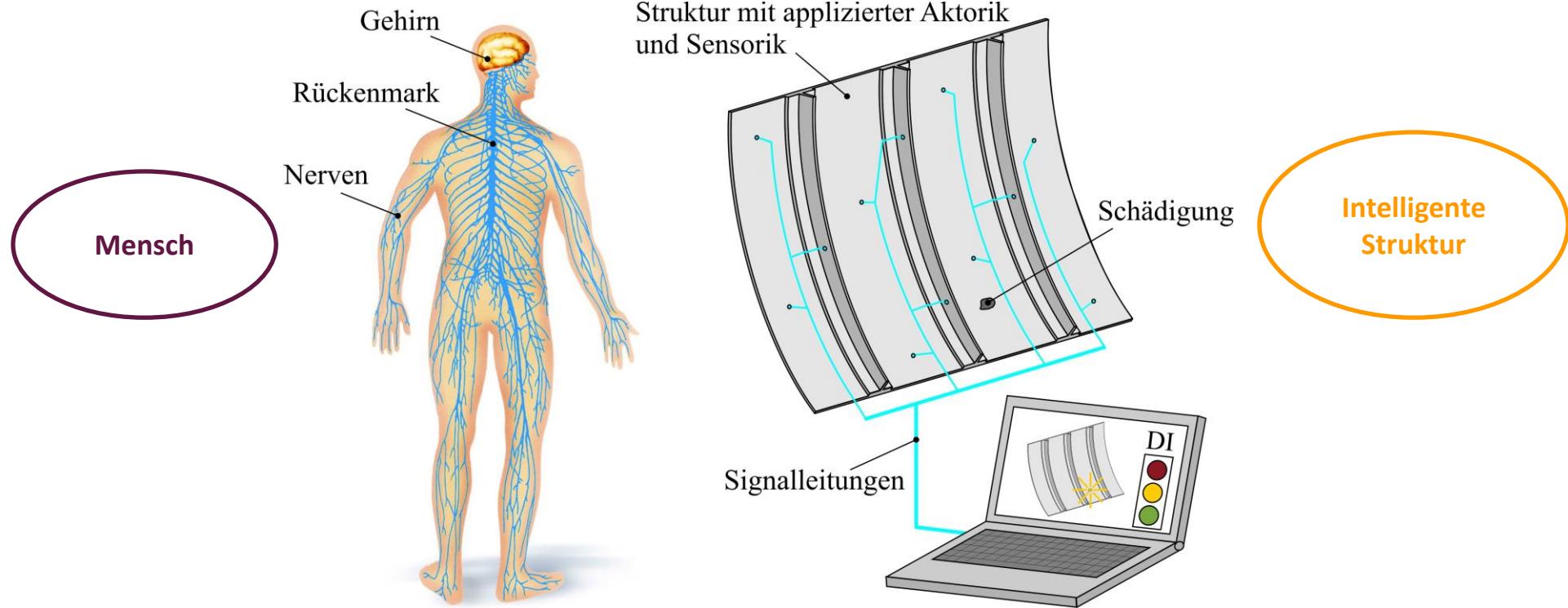
Zusammenfassung & Ausblick

Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium

Was ist Structural Health Monitoring?

SHM – Structural Health Monitoring:

Idee: Nachahmung biolog. Systeme mittels künstlichem Nervensystem und intelligenter Datenanalyse, z.B. Mustererkennung





SHM Definition und Methoden

Unter **Structural Health Monitoring (SHM)** wird die kontinuierliche oder periodische und automatisierte Methode zur Bestimmung und Überwachung des Zustandes eines Überwachungsobjektes innerhalb der Zustandsüberwachung (gemäß DIN ISO 17359) verstanden. Dies erfolgt durch Messungen mit permanent installierten bzw. integrierten Aufnehmern und durch Analyse der Messdaten.

DGZfP Fachausschuss Zustandsüberwachung

Methoden zur Überwachung einer Struktur

Mechanisch

- Statische Messungen (Spannungen, Dehnungen, Verschiebungen,...)
- Schwingungsmessungen (Modaldaten, Frequenz- or Zeitdaten)
- Messung der Wellenausbreitung in festen Körpern
 - Ultraschall (Acousto-Ultronics)
 - Geführte Wellen (Lamb Waves)
 - Acoustic Emission

Elektrisch, Elektromechanisch, Elektromagnetisch

- Impedanz-basierte Methoden mit PZT
- Wirbelstrom-basierte Methoden
- Widerstands-basierte Methoden

Was kann SHM bieten?

Sicherheit

- Permanente Überwachung / Überwachung in kurzen Intervallen
- Schnelle Evaluierung von Schäden
- Vermeidung von katastrophalem Versagen
- ...

Mensch



Ökonomische Aspekte

- Reduzierung von Ausfallzeiten
- Bessere Planung von Inspektionen, Reparaturen
- Verlängerte Lebensdauer

NDT



Verbesserte Strukturauslegung

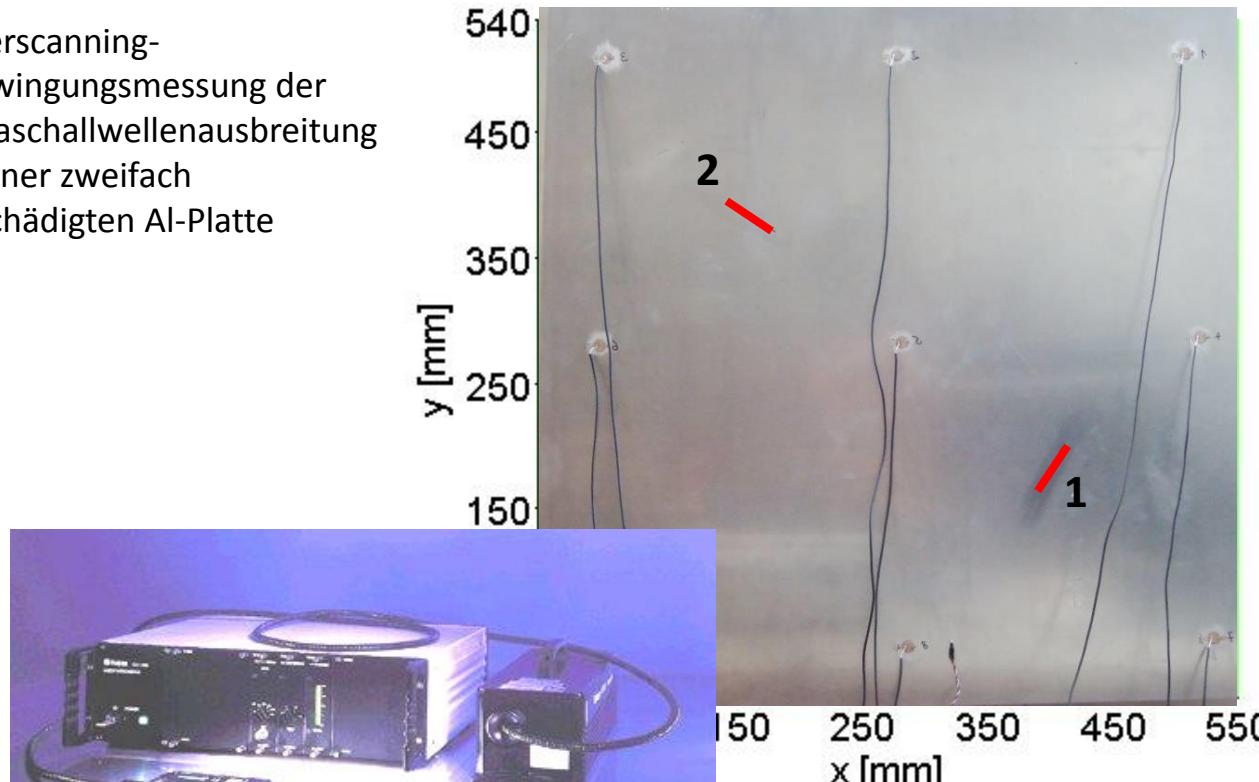
- Durch Kenntnis realer Lasten
- Aufdeckung der Schwachstellen

SHM

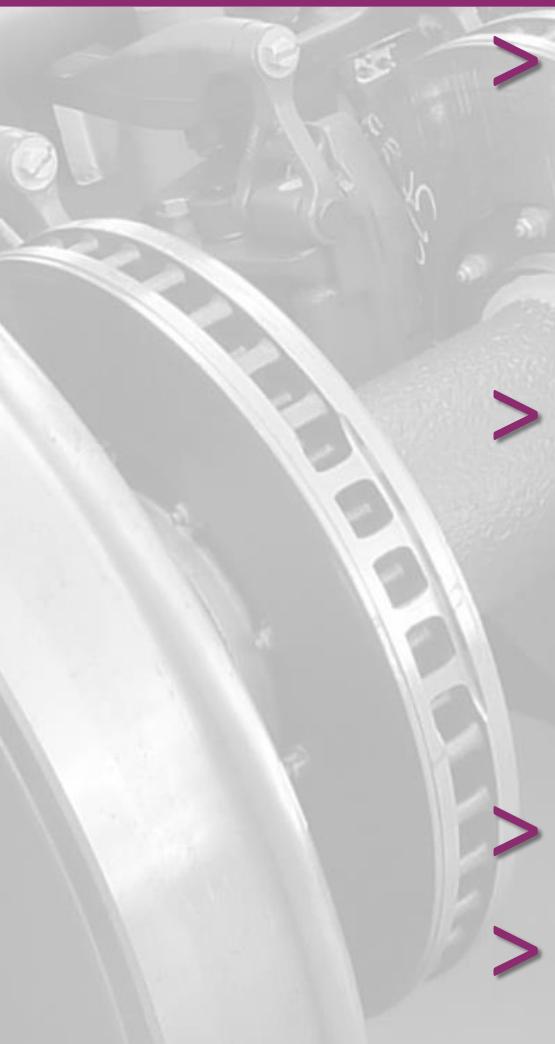


Beispiel: Ultraschallwellenausbreitung an einer geschädigten Platte

Laserscanning-Schwingungsmessung der Ultraschallwellenausbreitung in einer zweifach geschädigten Al-Platte



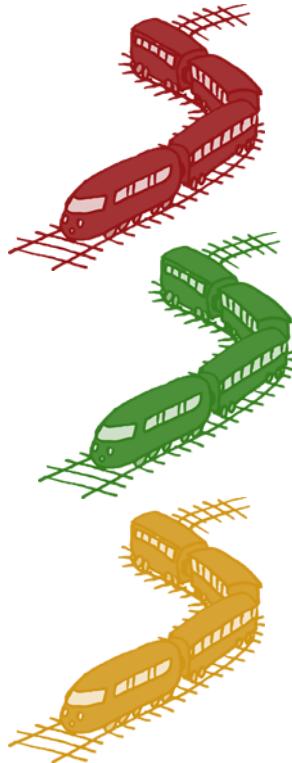
Quelle: Polytec



- > Konzept SAMT 2020 Sanfte Mobilität
 - Die vier Säulen
 - Kooperationsnetzwerk
 - Rollenprüfstand für Eisenbahndrehgestelle
- > Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Testinfrastruktur für die zukunftsorientierte Forschung an Eisenbahndrehgestellen
 - Structural Health Monitoring
 - Psychoakustische Untersuchungen
 - Prüfstandsauslegung
- > Aktuelle Testinfrastruktur an der Universität Siegen
- > Zusammenfassung & Ausblick
 - Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium

Durchführung von psychoakustischen Untersuchungen

Psychoakustische Untersuchung von Schienenverkehrslärm



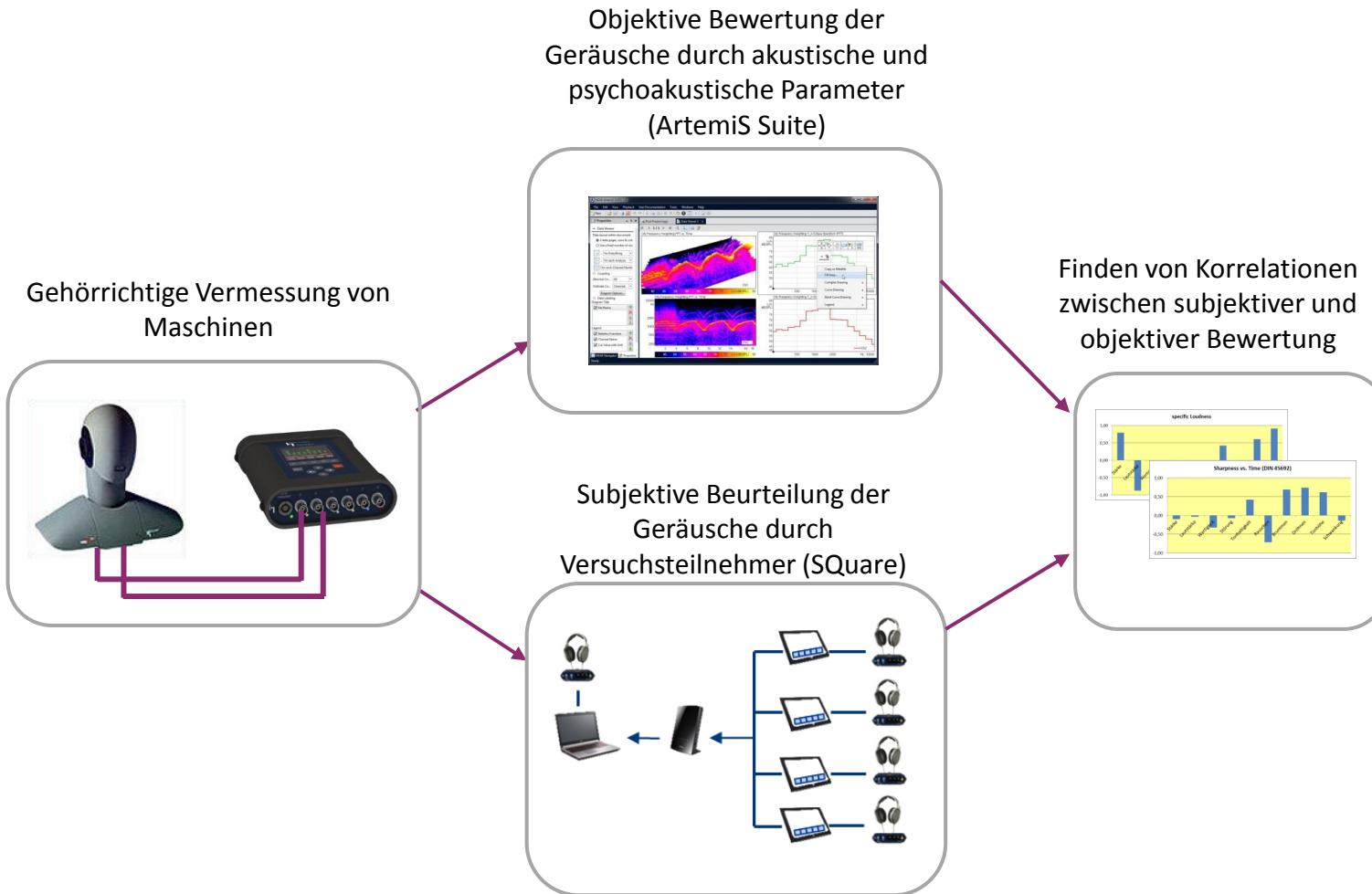
Warum ist der Zug so laut?

Muss ein Zug wirklich absolut leise sein?

Welche Geräusche stören eigentlich?

Das ist doch gar nicht laut, ich finde das ganz angenehm.

Durchführung von psychoakustischen Untersuchungen



Durchführung von psychoakustischen Untersuchungen

Objektive Bewertung der Geräusche durch...

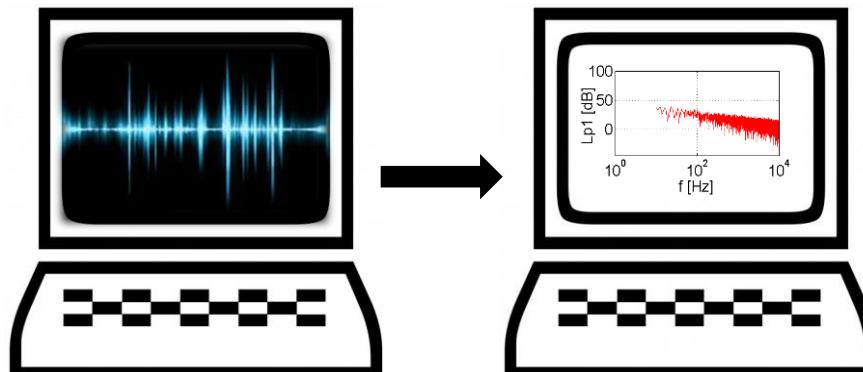
Akustische Parameter

und

psychoakustische Parameter

- Schalldruck-, Schallleistungs-spektrum
- Modulationsspektrum
- Ordnungsspektrum
- ...

- Lautheit (DIN 45631 / ISO 532-1)
 - Subjektive Lautstärke
- Schärfe (DIN 45692)
 - Verhältnis hoher Frequenzen zur Gesamtlautheit
- Schwankungsstärke
 - langsame Modulationen des Geräusches ($f_{\text{mod}} \sim 1 \dots 20 \text{ Hz}$)
- Rauigkeit
 - Schnelle Modulationen des Geräusches ($f_{\text{mod}} \sim 20 \dots 250 \text{ Hz}$)
- Tonhaltigkeit (DIN 45681, Aures u. Terhardt, etc.)



Durchführung von psychoakustischen Untersuchungen

Subjektive Bewertung der Geräusche durch...

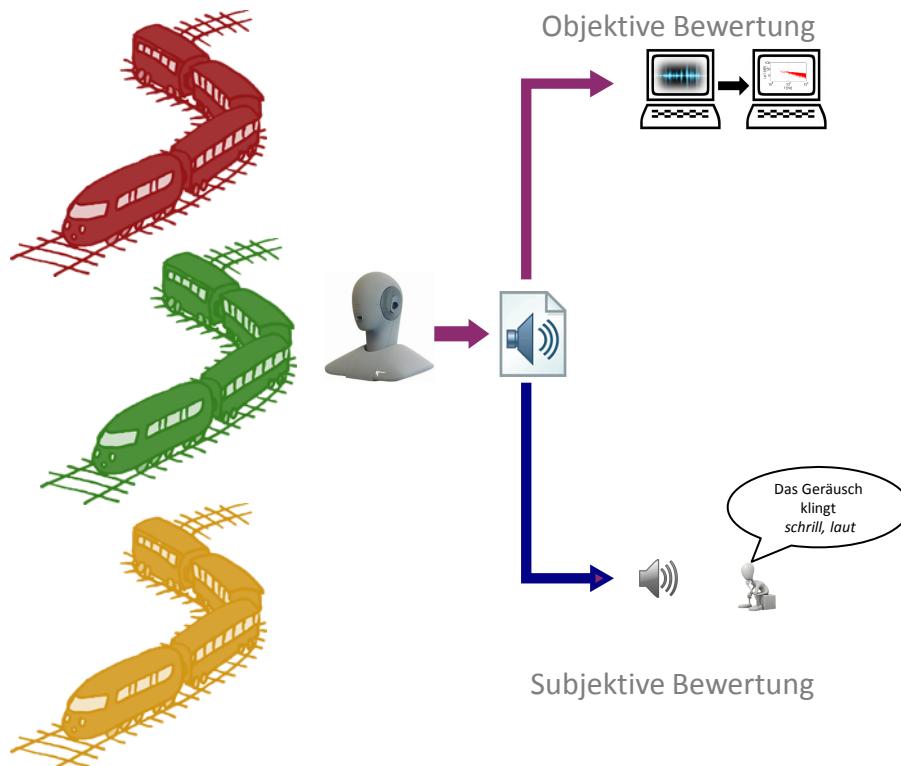
Versuchsteilnehmer

- Freie Äußerung von Begriffen, Bewertungen
- Beurteilung durch Paarvergleiche, Rangfolgenbildung, etc.

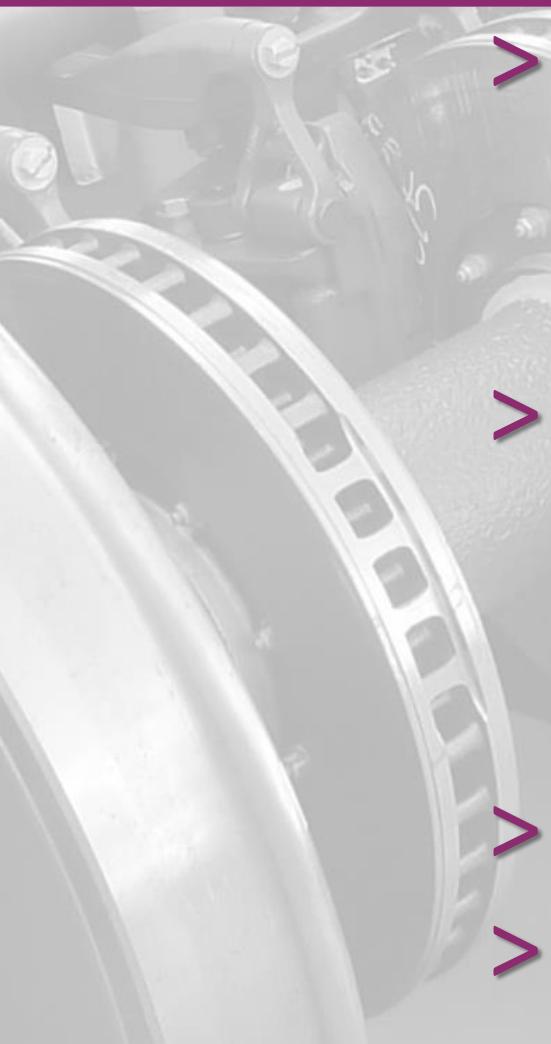


Durchführung von psychoakustischen Untersuchungen

Psychoakustische Untersuchung von Schienenverkehrslärm



1. Auswahl verschiedener Zugfahrtgeräusche
 - Bspw. verschiedene Geschwindigkeiten, Streckenabschnitte, Bahnmodelle
2. Abfrage und Bewertung der Geräuscheigenschaften durch Testpersonen
 - „Geräusch 1: starkes Quietschen, laut, unangenehm“
 - „Geräusch 2: kaum Quietschen, Rumpeln, angenehmer als 1“
 - ...
3. Statistische Auswertung der Personenurteile und Bildung von Korrelationen zu objektiven Messwerten



>

Konzept SAMT 2020 Sanfte Mobilität

Die vier Säulen

Kooperationsnetzwerk

Rollenprüfstand für Eisenbahndrehgestelle

>

Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Testinfrastruktur für die zukunftsorientierte Forschung an Eisenbahndrehgestellen

Structural Health Monitoring

Psychoakustische Untersuchungen

Prüfstandsauslegung

>

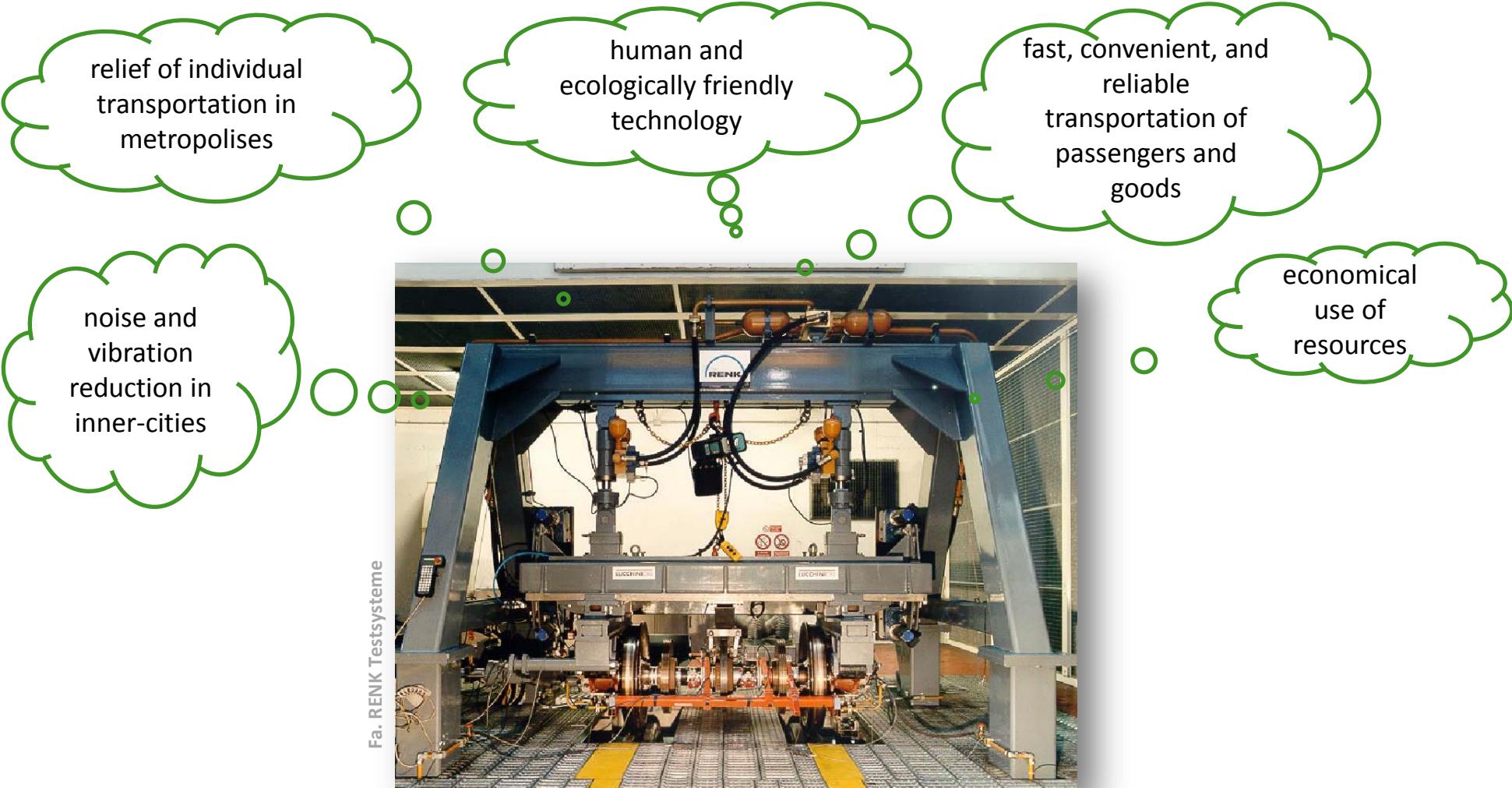
Aktuelle Testinfrastruktur an der Universität Siegen

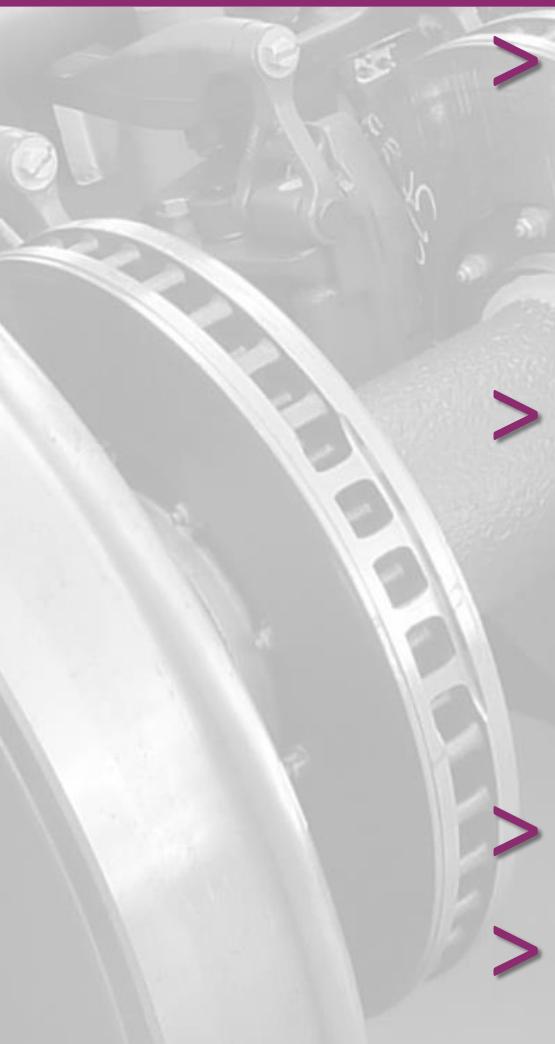
>

Zusammenfassung & Ausblick

Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium

Wie lassen sich die Ziele von SAMT 2020 erreichen?





>

Konzept SAMT 2020 Sanfte Mobilität

Die vier Säulen

Kooperationsnetzwerk

Rollenprüfstand für Eisenbahndrehgestelle

>

Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Testinfrastruktur für die zukunftsorientierte Forschung an Eisenbahndrehgestellen

Structural Health Monitoring

Psychoakustische Untersuchungen

Prüfstandsauslegung

>

Aktuelle Testinfrastruktur an der Universität Siegen

>

Zusammenfassung & Ausblick

Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium



Modalanalysesystem – Siemens LMS - Scadas

SIEMENS

Hardware:

Messgrößen: Beschleunigungen, Drehzahlen, Drehwinkel, Dehnungen

Kanalanzahl: 56

Abtastrate (simultan): 200 kHz

Analog / Digital Auflösung: 24 bit

Sensoranschluss: IEPE-Standard, Spannung, Ladung, Strom, Brückenschaltung

Software:

Modalanalysefunktionen:

- Messdatenaufnahme und Verarbeitung der Zeitrohdaten
- Experimentelle Modalanalyse mittels Hammerschlag
- Experimentelle Modalanalyse mittels Shakeranregung (MIMO)
- Operational Modal Analysis; Auswertung via PolyMAX Algorithmus
- Transferpfadanalyse
- Torsionsschwingungsanalyse



NEU

2 x SCADAS Mobile Frame

7 x VB8-II Universal NVH Module

16 x PCB Sensoren (8 x 1-Ax, 8 x 3-Ax)

1 x Software Paket

- Signature Acquisition
- Advanced Modal Testing

Bestand (Uni Siegen)

1 x SCADAS Mobile Frame

1 x VB8-II Universal NVH Module

4 x PCB Sensoren

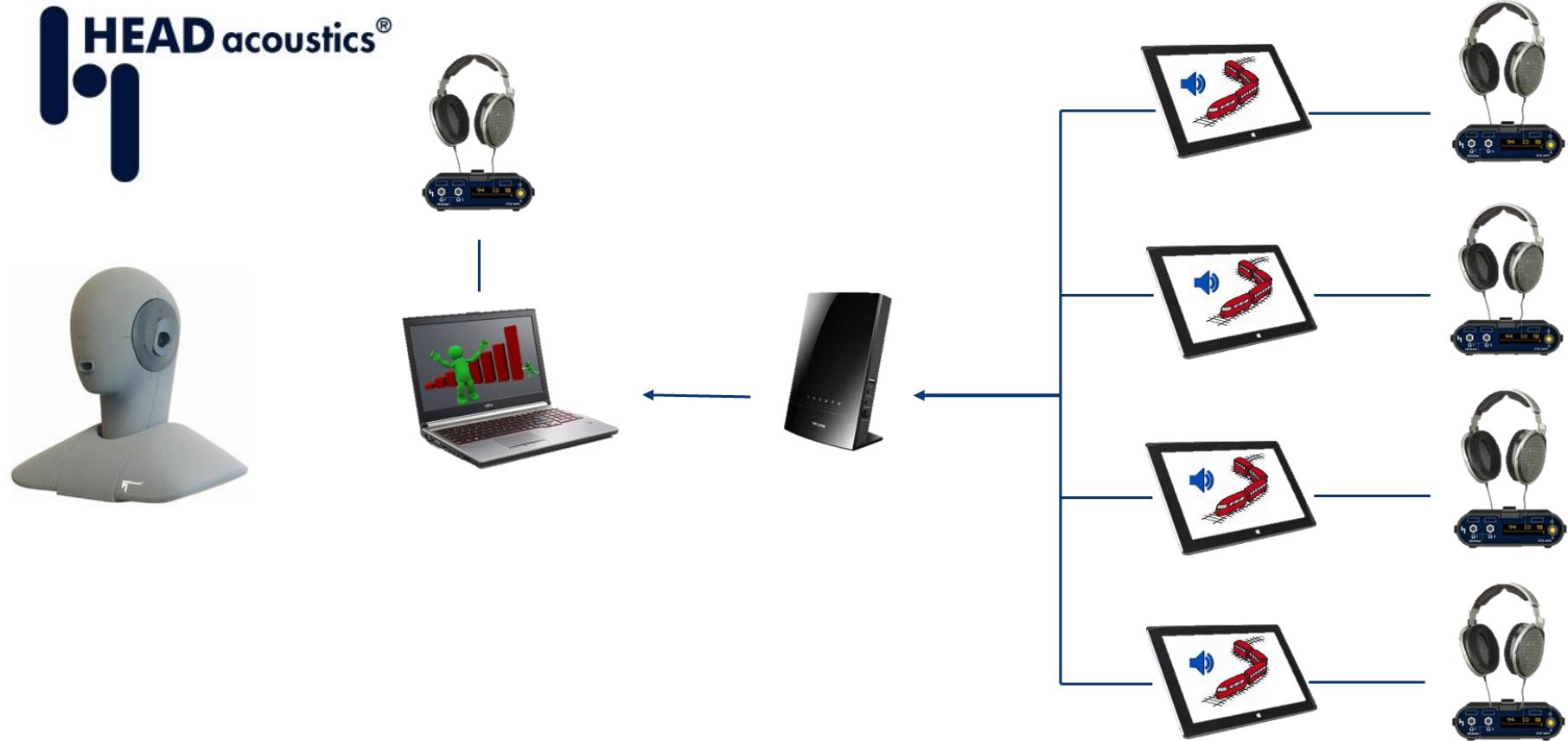
HighSpeed Datenaquisesystem – HBM- Gen Serie



Subsystem 1 (GEN 16t) Erfassung langsam veränderlicher Signale	
Messgrößen:	Dehnungen, Kräfte, Wege, Beschleunigungen, Temperaturen, Drehzahl, Luftschall
Kanalanzahl:	64
Abtastrate (simultan):	200 kHz
Analog / Digital Auflösung:	24 bit
Sensoranschluss:	IEPE-Standard, Spannung, Ladung, Strom, Brückenschaltung, PT100
Subsystem 2 (GEN 7i) Erfassung transienter Signale	
Messgrößen:	Körperschall
Kanalanzahl:	16
Abtastrate:	100 MHz
Analog / Digital Auflösung	14 bit
Sensoranschluss	Analoges Spannungssignal

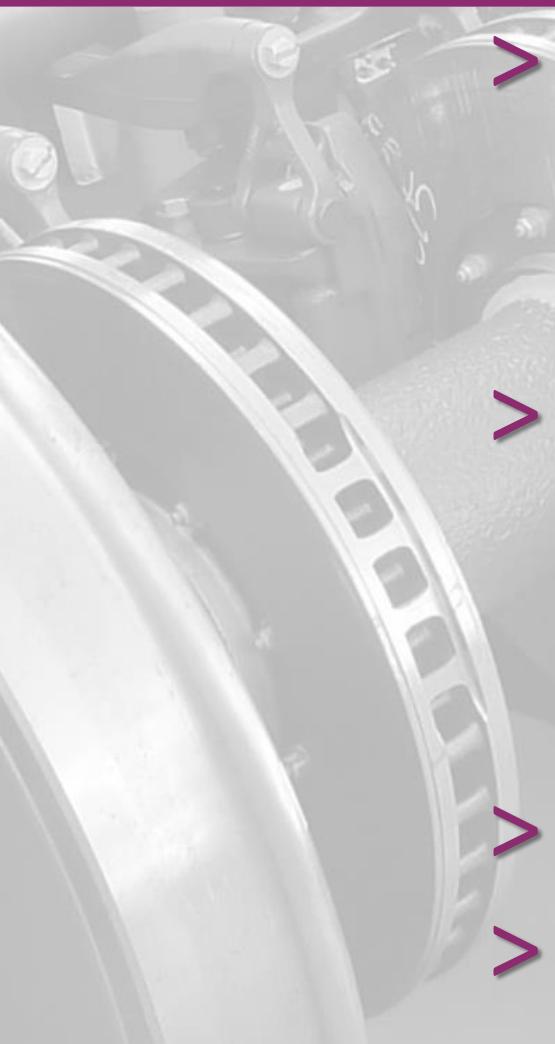


Komplettes Psychoakustisches Hörstudio

Binaurale Aufnahme von
GeräuschenStatistische Auswertung der
Bewertungen

Sammeln der Einzelbewertungen

Subjektive Beurteilung der Geräusche
durch Versuchsteilnehmer



- > Konzept SAMT 2020 Sanfte Mobilität
 - Die vier Säulen
 - Kooperationsnetzwerk
 - Rollenprüfstand für Eisenbahndrehgestelle
- > Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Testinfrastruktur für die zukunftsorientierte Forschung an Eisenbahndrehgestellen
 - Structural Health Monitoring
 - Psychoakustische Untersuchungen
 - Prüfstandsauslegung
- > Aktuelle Testinfrastruktur an der Universität Siegen
- > Zusammenfassung & Ausblick
 - Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium



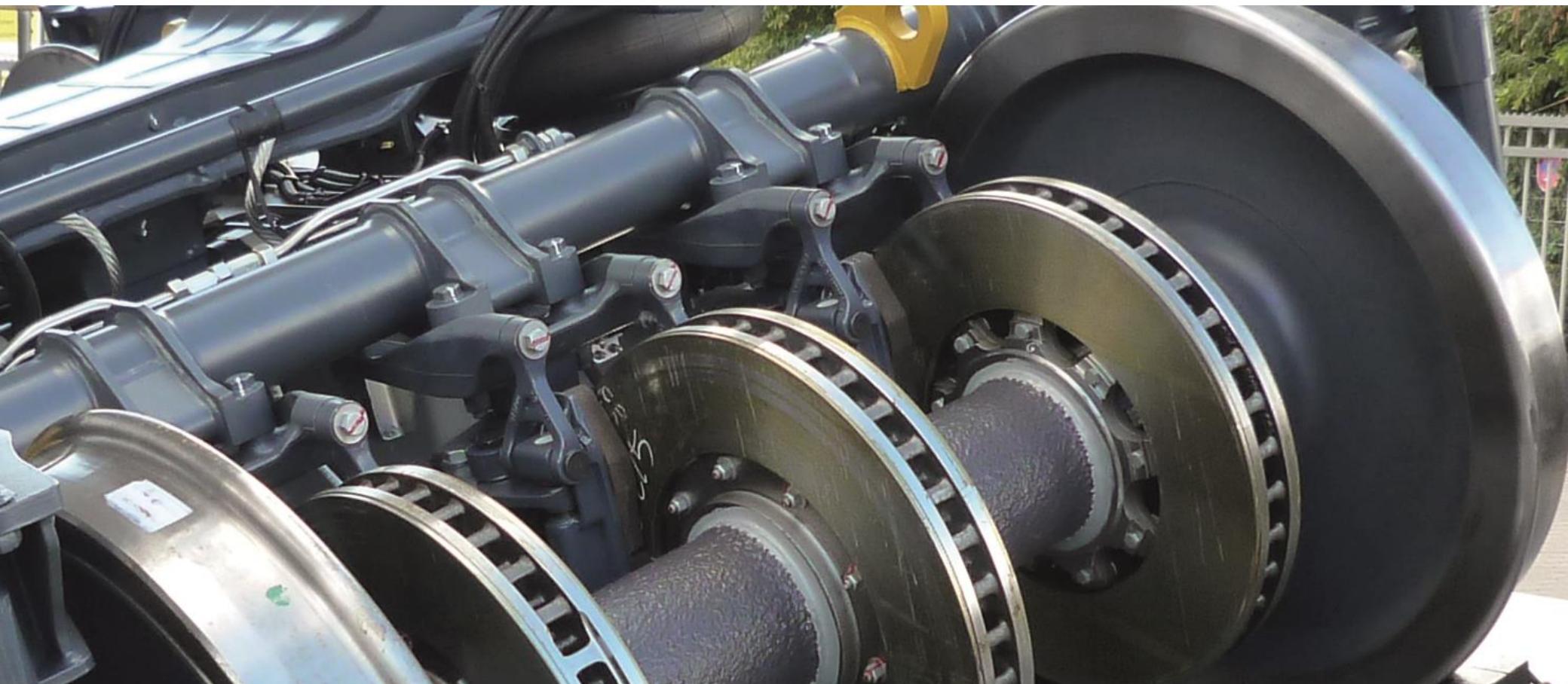
Die weiteren Vorträge im IMR & Cm Kolloquium

- >
- | | |
|------------|--|
| 21.05.2015 | Prof. Dr.-Ing. habil. Manuela Sander (Universität Rostock)
Definition von Inspektionsintervallen für Radsatzwellen mittels bruchmechanischer Methoden |
| 02.06.2015 | Prof. Dr.-Ing. Michael Beitelschmidt (TU Dresden)
Der Virtuelle Zug - Zusammenwirken von Mehrkörperdynamik, Schwingungstechnik und Akustik bei der Simulation von Schienenfahrzeugen |
| 18.06.2015 | Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht (TU Berlin)
Lärm im Schienenverkehr - Einfluss des Fahrzeugs und insbesondere Drehgestells |
| 09.07.2015 | Prof. Dr.-Ing. habil. Dietmar Eifler (TU Kaiserslautern)
Herausforderung Radsatzstähle - Materialverhalten im VHCF-Bereich von hochbelasteten Eisenbahnradssätzen |
| 16.07.2015 | Dr.-Ing. Jani Dede (Bombardier Transportation, Netphen)
Wheel-Rail-Interface - Verschleiß zwischen Rad und Schiene |



Faculty IV: Science and Technology

Department Mechanical Engineering
Applied Mechanics – Prof. Dr.-Ing. C.-P. Fritzen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit