IMA DRESDEN
And it works.

Mehrachsiale Schwingungsprüfung an Bauteilen

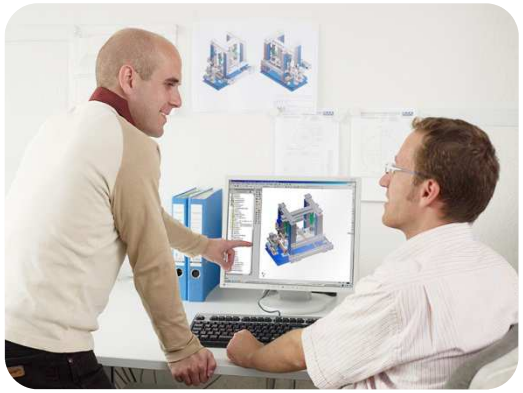
Martin Semsch

Alexander Hamann, Andreas Schelenz

Dieses Dokument und alle darin enthaltenen Informationen sind das alleinige Eigentum der IMA GmbH Dresden. Die Zustellung dieses Dokumentes oder die Offenlegung seines Inhalts begründen keine Rechte am geistigen Eigentum. Dieses Dokument darf ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung der IMA GmbH Dresden nicht vervielfältigt oder einem Dritten gegenüber enthüllt werden. Dieses Dokument und sein Inhalt dürfen nur zu bestimmungsgemäßen Zwecken verwendet werden.

IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH

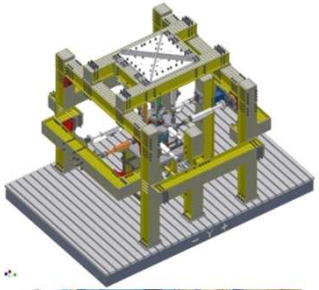
- gegründet 1993
- Hauptgeschäftsfelder:
  Engineering Dienstleistungen für
  Forschung & Entwicklung
- 1955 – 1961 VEB Flugzeugwerke Dresden
  1961 – 1990 Institut für Leichtbau (IfL)

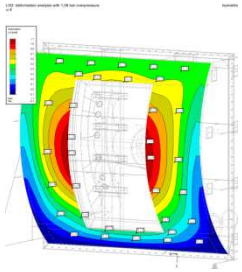
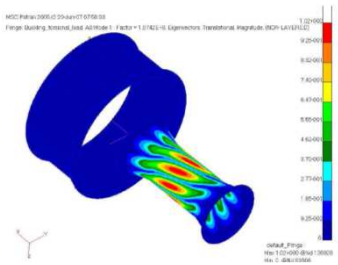
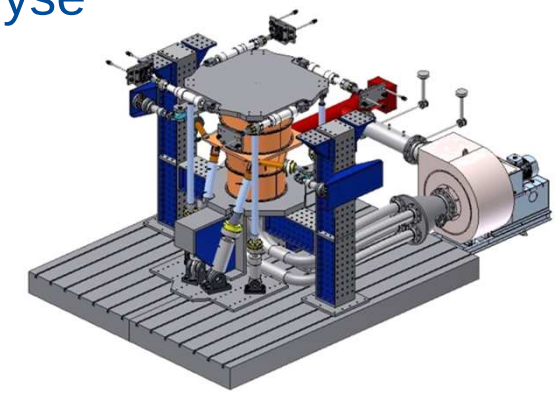
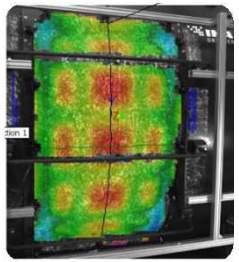


© IMA GmbH Dresden. Alle Rechte vorbehalten

IMA – wissenschaftlich technischer Dienstleister

- Werkstoffprüfung
- CFK - Verbundmaterialien
- Schwingungsprüfung, Umweltsimulation
- Testleistung, Konzeptentwicklung
- Prüfvorrichtungsdesign
- Inspektionen, zerstörungsfreie Prüfung,
- Belastungsmessungen
- Berechnung, Spannungsanalyse
- Datenbanken (WIAM)



Schwingungs- und Schockprüfungen

- Schwingungs- und Stoßbelastungen
- Ermitteln dynamischer Materialkennwerte
- Erstellen (hochfrequenter) Wöhlerlinien
- Druckimpulsprüfung
- Berstdruckprüfung
- Salzsprühnebel
- Temperaturschock
- Klima/Temperatur
- Dichtheit
- Kombinierte Druckimpuls- und Vibrationsprüfungen

© IMA GmbH Dresden. Alle Rechte vorbehalten

Gliederung

1	Motivation
2	Prüfstandskonzept
3	Testkonzept
4	Belastungsmessung
5	Prüflastengenerierung
6	Testaufbau
7	Regelung / Überwachung
8	Auswertung / Ergebnisse
9	Ausblick

© IMA GmbH Dresden. Alle Rechte vorbehalten

1 Motivation

Treiber für die Investition in die mehrachsiale Schwingungsprüfung in Kombination mit thermischer Belastung sind:

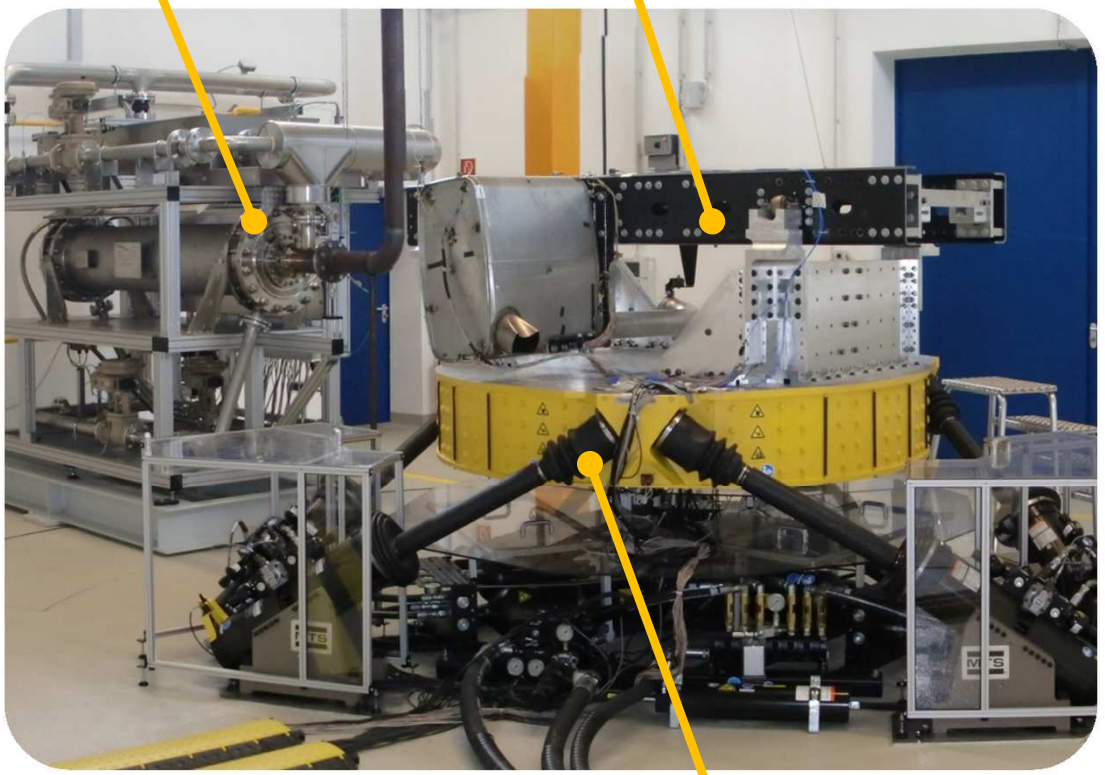
- Ausbau der **Kompetenzen in der Schwingungsprüfung**
- Ausbau der **Kompetenzen bei der thermischen Belastungsprüfung von Bauteilen**
- Steigender Bedarf an **komplexeren realitätsnahen Bauteilprüfungen**
- Verbesserte **Risikoabsicherung bei der Bauteilfreigabe**
- **Veränderte Gesetzgebung und Werthaltigkeit** der Abgasanlagen für Nutzkraftfahrzeuge

© IMA GmbH Dresden. Alle Rechte vorbehalten

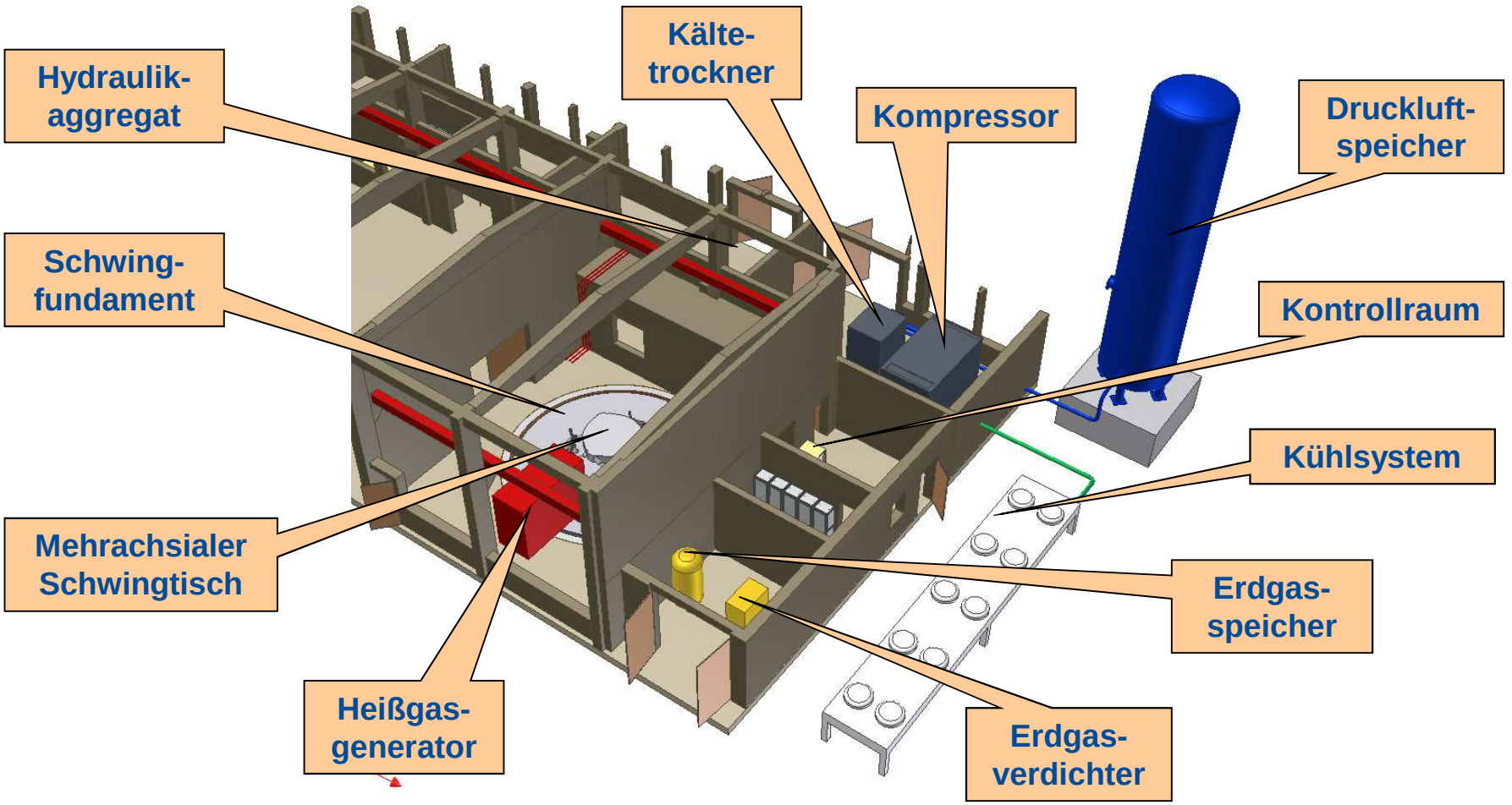
2 Prüfstandskonzept - Grundkonzept

Das Grundkonzept für den Prüfstand besteht aus folgenden Elementen:

- Mehrachsialer Schwingtisch (MAST)
- Heißgasgenerator
- System aus Zweistoffdüsen
- komponentenbezogener Versuchsaufbau.

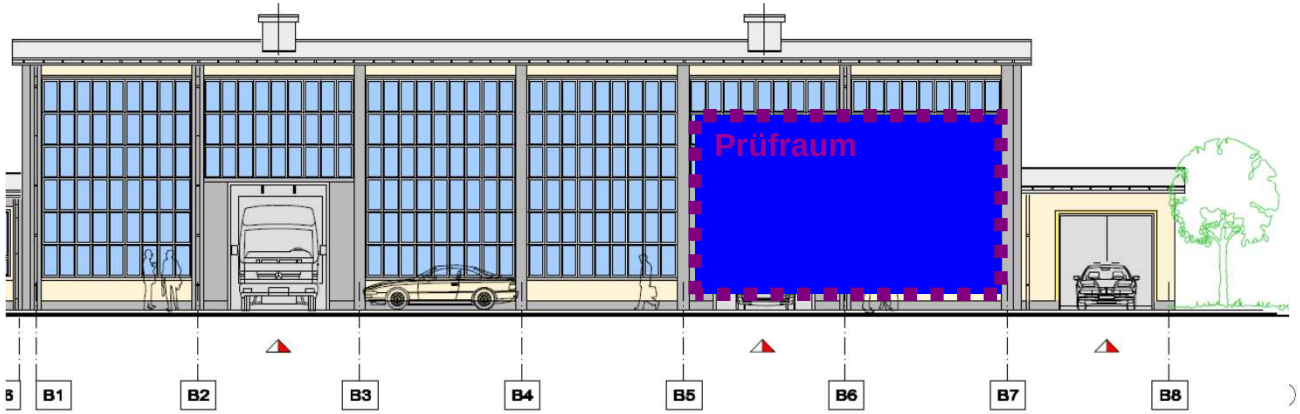


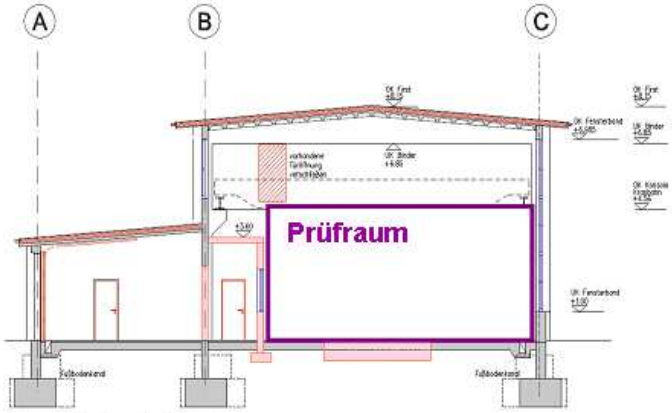
2 Prüfstandskonzept - Infrastruktur



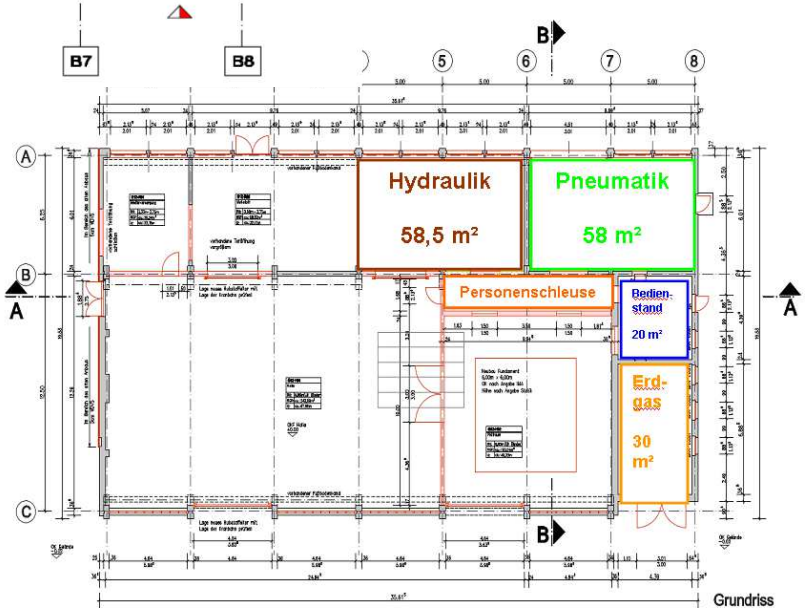
2 Prüfstandskonzept - Infrastruktur

Halle 12 - Schwingungslabor



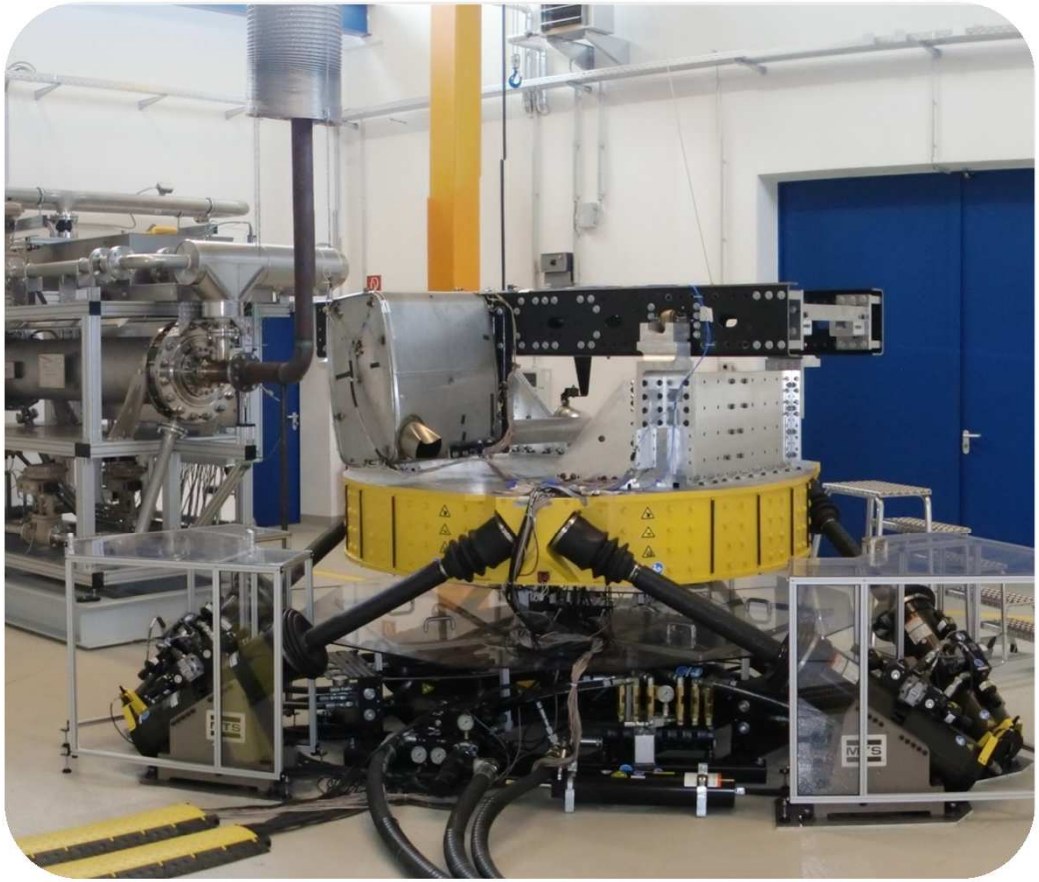


Gebäudeschnitt B-B



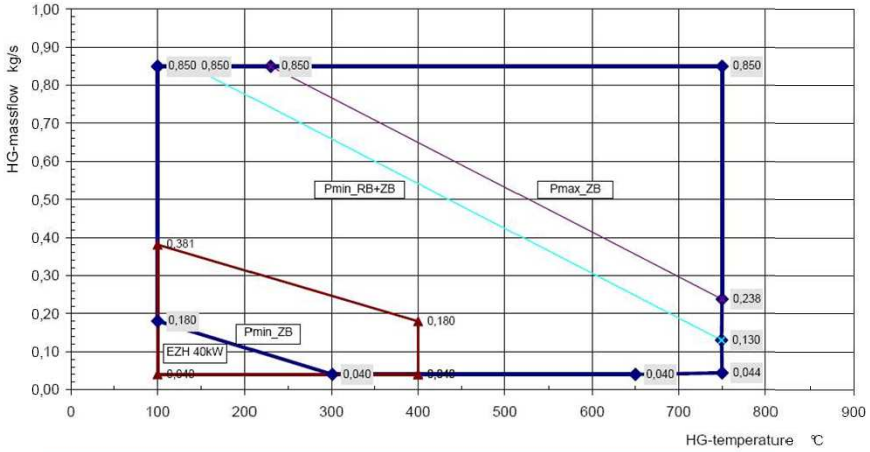
Grundriss

2 Prüfstandskonzept - MAST



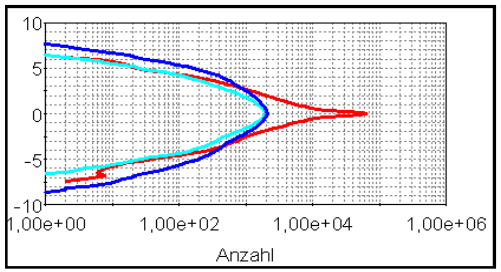
Tischgröße:		2 m Durchmesser
max. Nutzlast:		680 kg
Tischhübe bei einachsialer Bewegung:		
Vertikal	(z)	± 150 mm
Lateral	(y)	± 120 mm
Longitudinal	(x)	± 140 mm
Geschwindigkeit:		
Vertikal	(z)	1 m/s
Lateral	(y)	0,8 m/s
Longitudinal	(x)	0,8 m/s
Beschleunigung :		
Vertikal	(z)	10 g
Lateral	(y)	6,5 g
Longitudinal	(x)	6,5 g
Frequenzbereich:		max. 100 Hz
Betriebsdruck:		210 bar
Regler:		FlexTest MAST / cRPC

2 Prüfstandskonzept - Heißgasgenerator

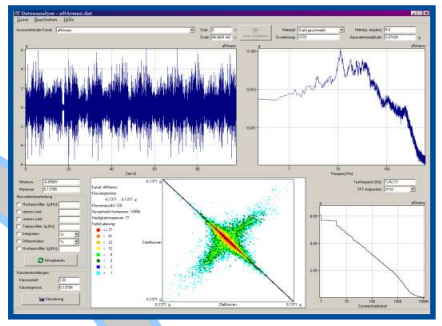


Kenngröße	Größe
Maximaltemperatur des Heißgases (Prüflingseintritt)	850 °C
Minimaltemperatur des Heißgases (Prüflingseintritt)	100 °C
max. erforderlicher Temperaturgradient für	+/- 100 K/s
Maximalwert des Heißgas-Massenstroms	3000 kg/h
Minimalwert des Heißgas-Massenstroms	150 kg/h
Maximalwert für Gradienten des Heißgasmassenstroms	+ 900 kg / (h*s)
Minimalwert für Gradienten des Heißgasmassenstroms	- 1500 kg / (h*s)
Medium für Brennerbetrieb	Gas
min. Gegendruck der Prüfteile	0 bar
max. Gegendruck der Prüfteile	1 bar
Regelgrößen im Prüfbetrieb	Massenstrom, Temperatur

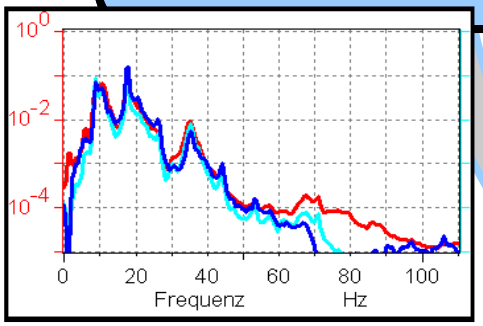
3 Testkonzept



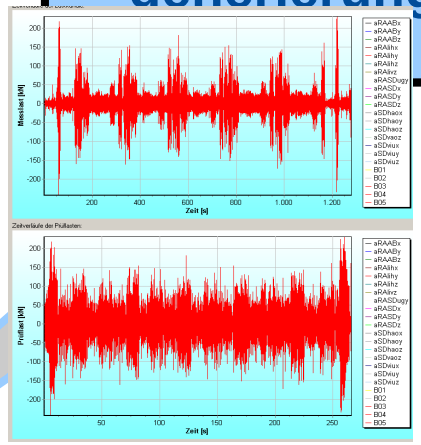
Belastungs-
messung



Auswertung



Prüflasten-
generierung



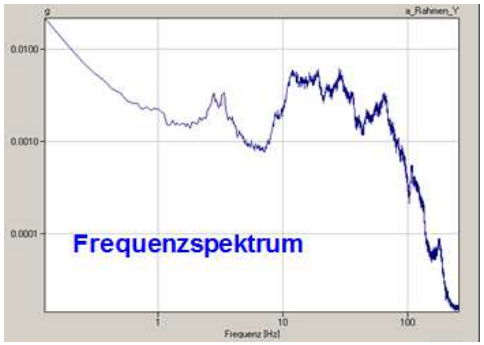
Bauteiltest

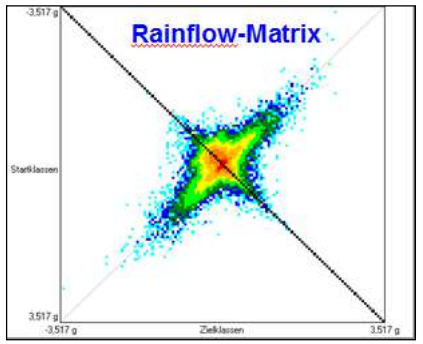
4 Belastungsmessung

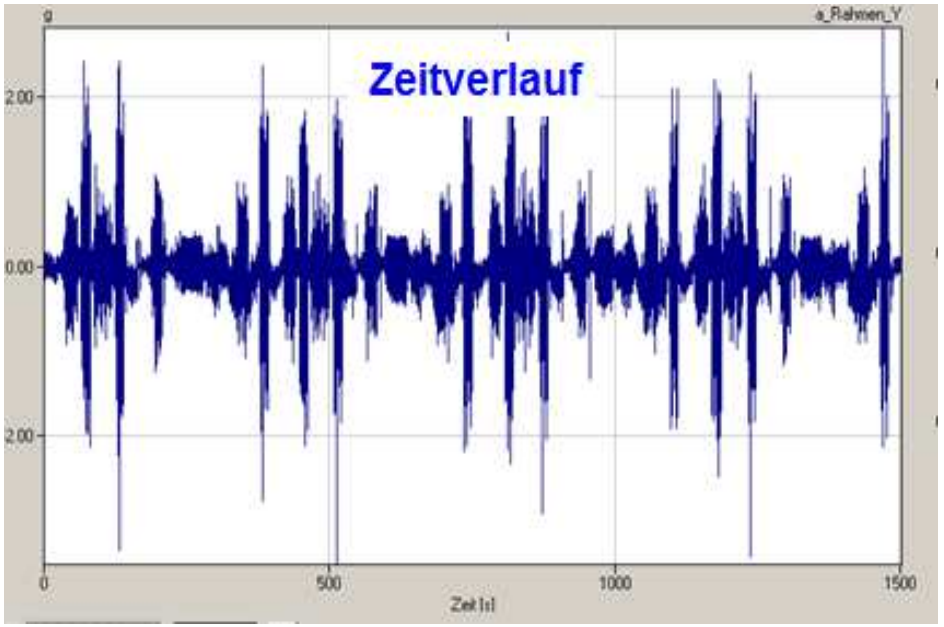
Basis für das Prüfstandskonzept:

Belastungsgrößen unter realen Einsatzbedingungen

- Messergebnisse
- Simulationsergebnisse







Messgrößen:

- Beschleunigung
- Dehnungen
- (Wege)
- (Kräfte)
- (Temperaturen)

5 Prüflastengenerierung

Sicherheitsfaktor = 1

Lastfaktor = 1

Risikofaktor =1

Mehrkanalige Omission

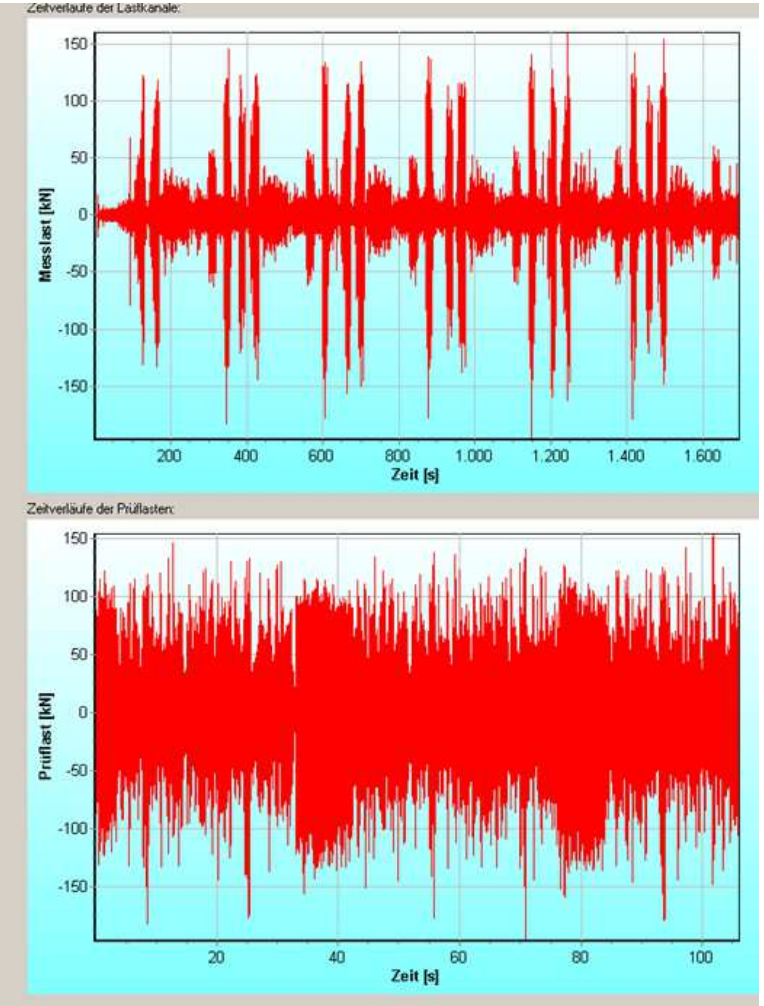
Miner konsequent

$N_D = 5 \cdot 10^6$

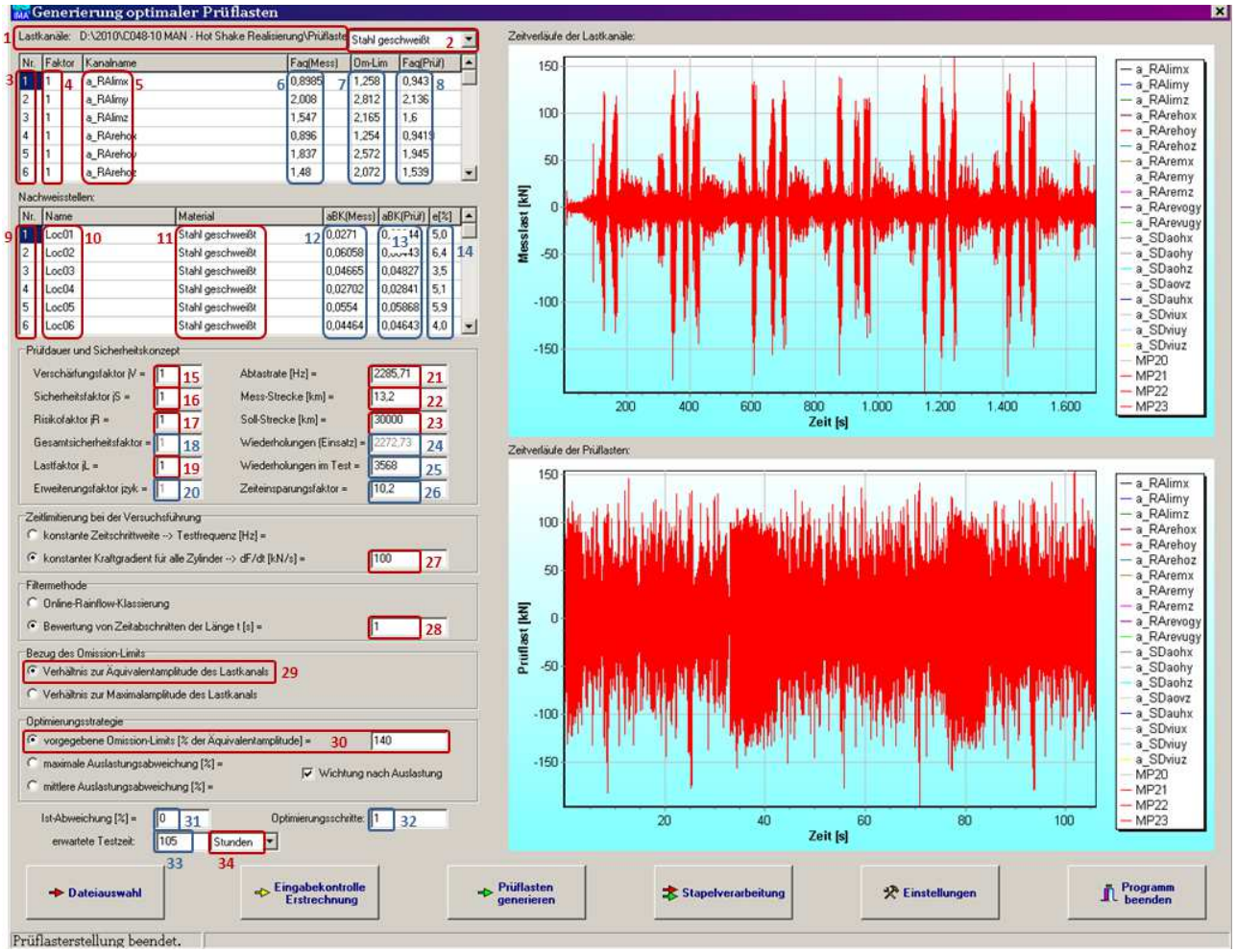
$D_m = 0{,}5$
(effektive Miner-Summe)

k = 5

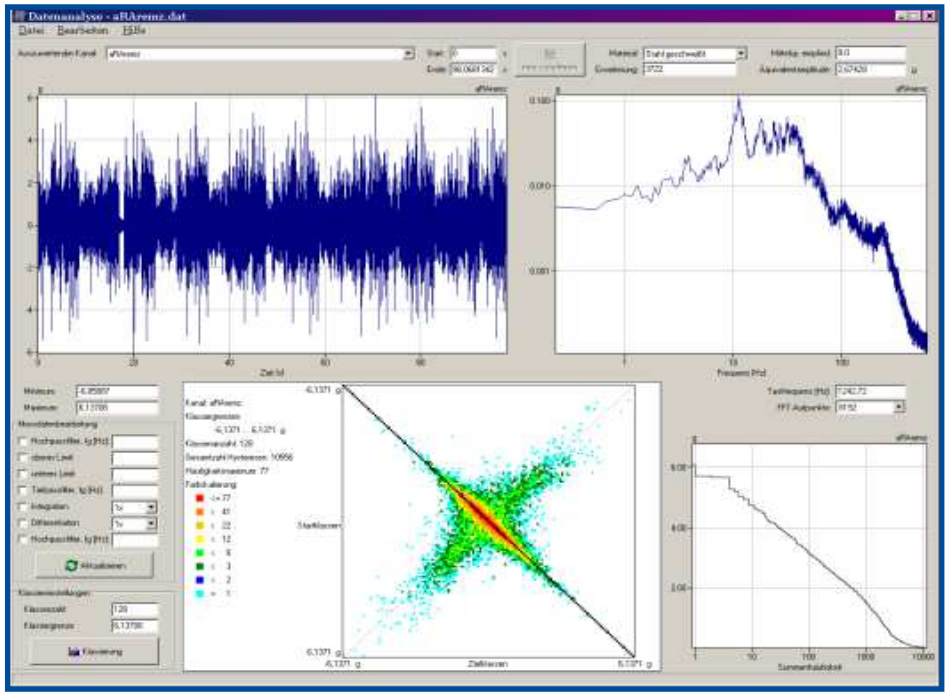
Zeitfenster 1 … 2 s

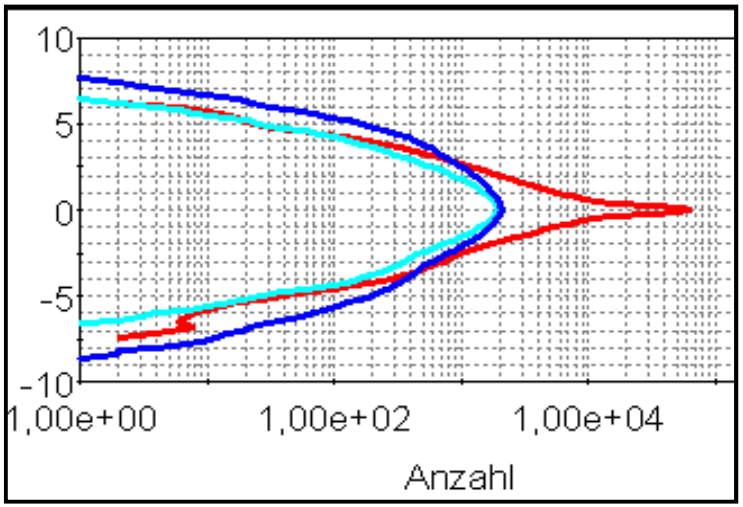


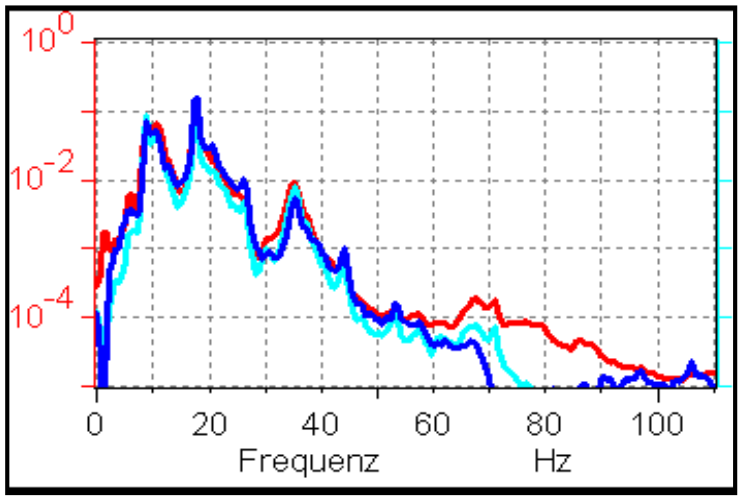
5 Prüflastengenerierung



5 Prüflastengenerierung

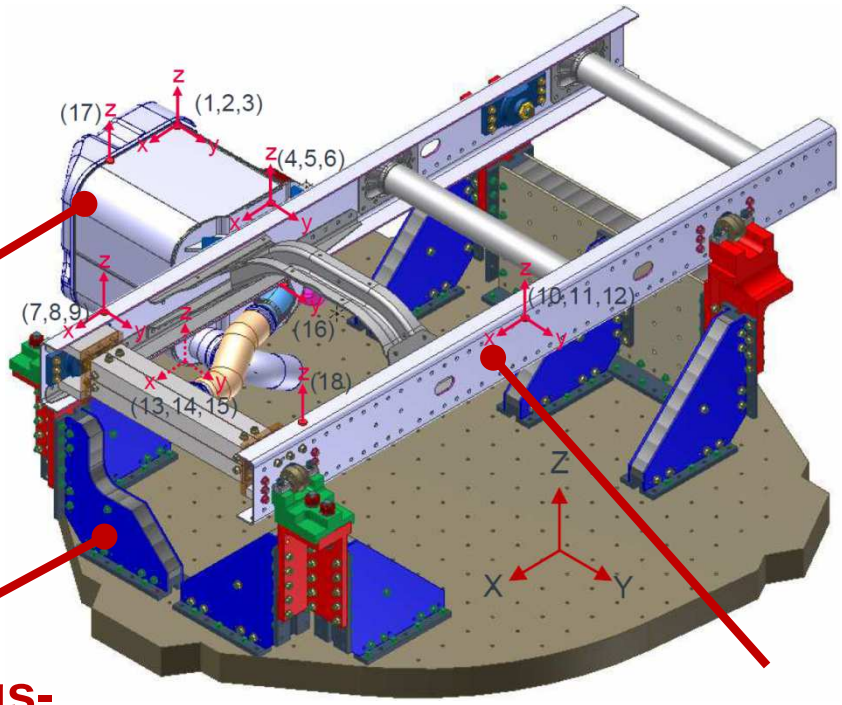






6 Testaufbau

komponentenbezogener Versuchsaufbau



Bauteil

Befestigungs-elemente

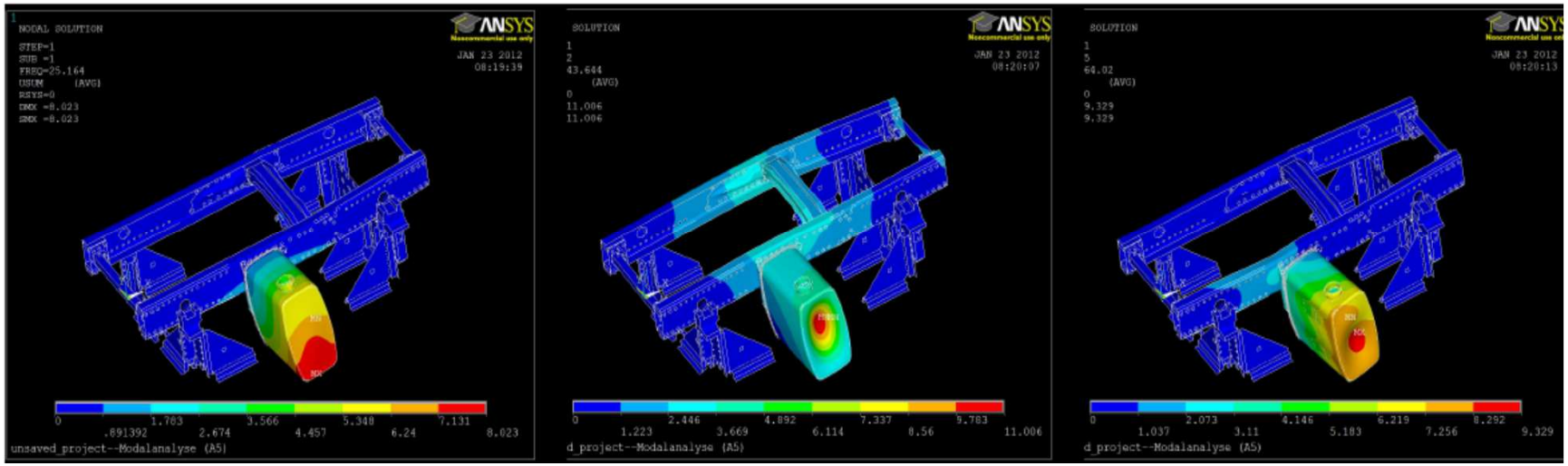
Trägerstruktur / Dummy

Ziel:

- Realitätsnaher Versuchsaufbau
- Simulation des realen Schwingungs-verhaltens

6 Testaufbau (Modalanalyse)

Die Anbindung des Bauteil an den Träger und die Steifigkeit der Befestigungsteile haben starken Einfluss auf das Schwingungsverhalten des Systems.



Der gewählte Versuchsaufbau wurde mittels Modalanalyse auf seine Eignung untersucht. Das Ergebnis der Modalanalyse bildet die schädigungsrelevanten Schwingungsformen mit Ausnahme der Rahmentorsion ab.

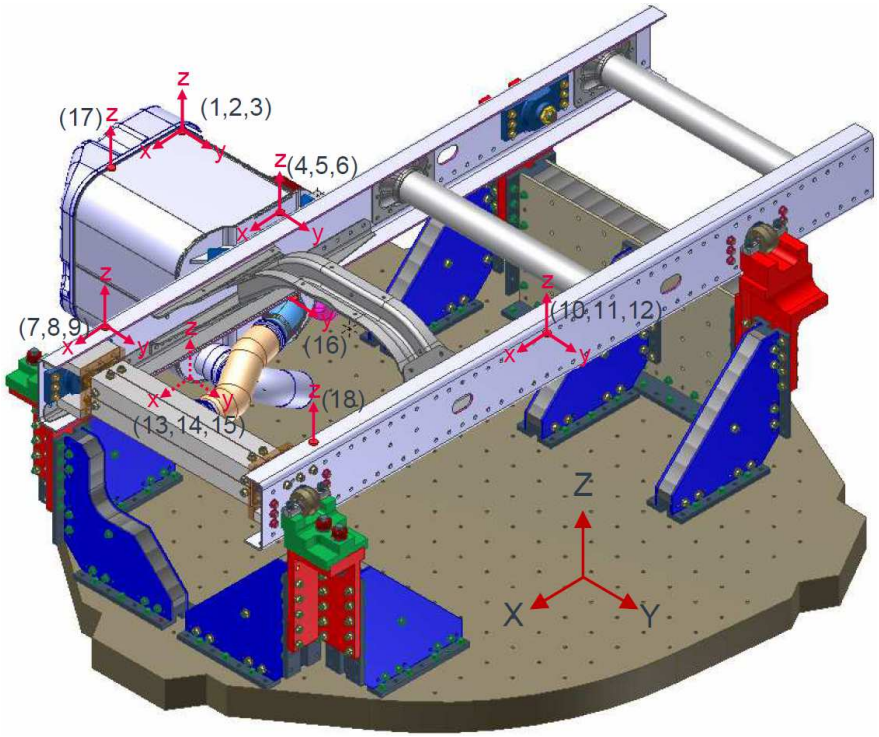
7 Regelung / Überwachung

Basis für die Regelung / Überwachung:

- Messdaten aus der Belastungsmessung
- Daten aus rechnerischen Simulationsergebnissen

Messgrößen:

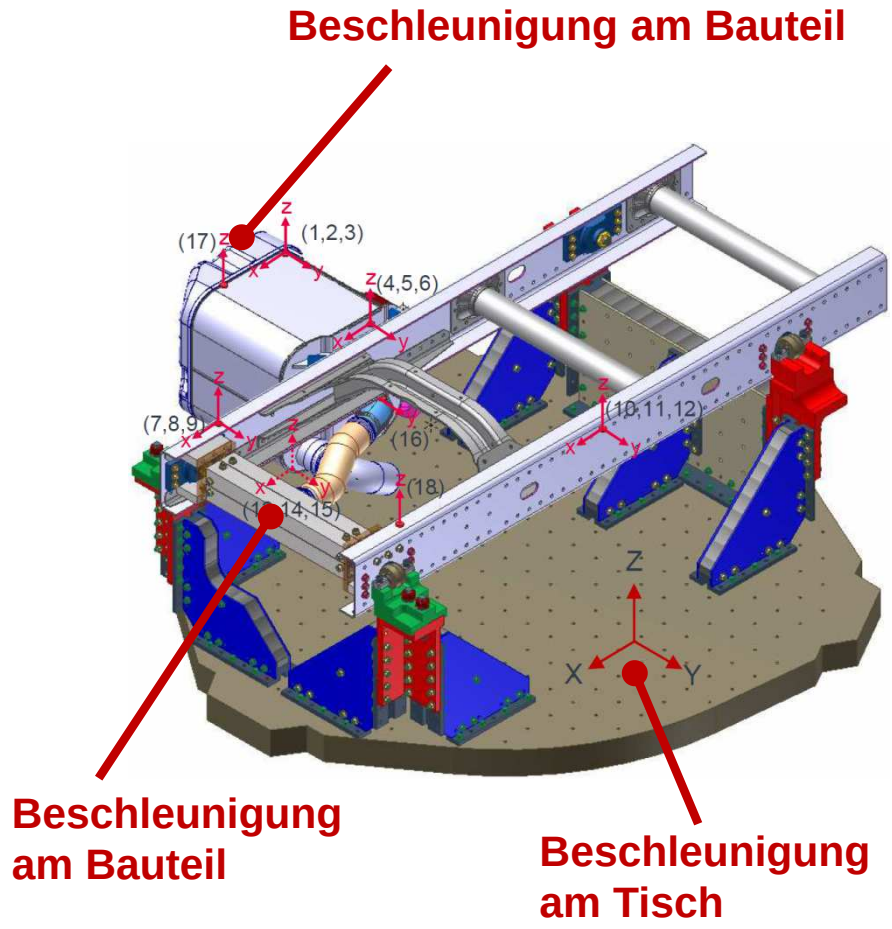
- Beschleunigung
- Dehnungen
- (Wege)
- (Kräfte)
- (Temperaturen)



7 Regelung / Überwachung

Wahl geeigneter Messgrößen:

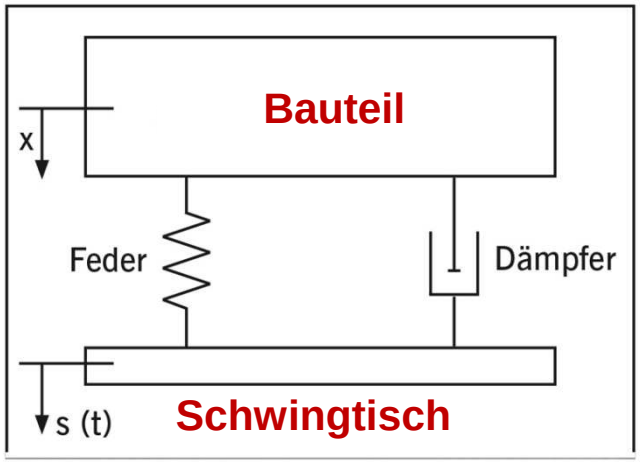
- Beschleunigungen am Tisch
- Wege des Tisches
- Beschleunigungen am Träger / der Dummystruktur
- Beschleunigungen am Bauteil
- Dehnungen am Bauteil
- Dehnungen am Träger / der Dummystruktur
- (Kräfte an Verbindungsstellen)



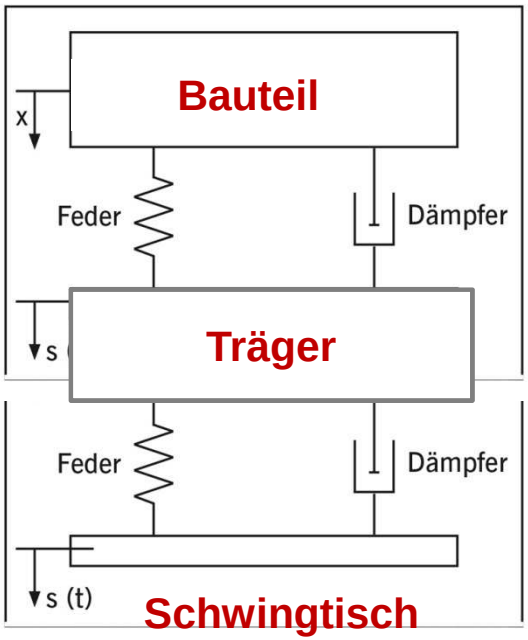
7 Regelung / Überwachung

Die Wahl geeigneter Reglungskanäle ist vom konkreten Versuchsaufbau abhängig:

Einfacher Versuchsaufbau



Abgasanlage



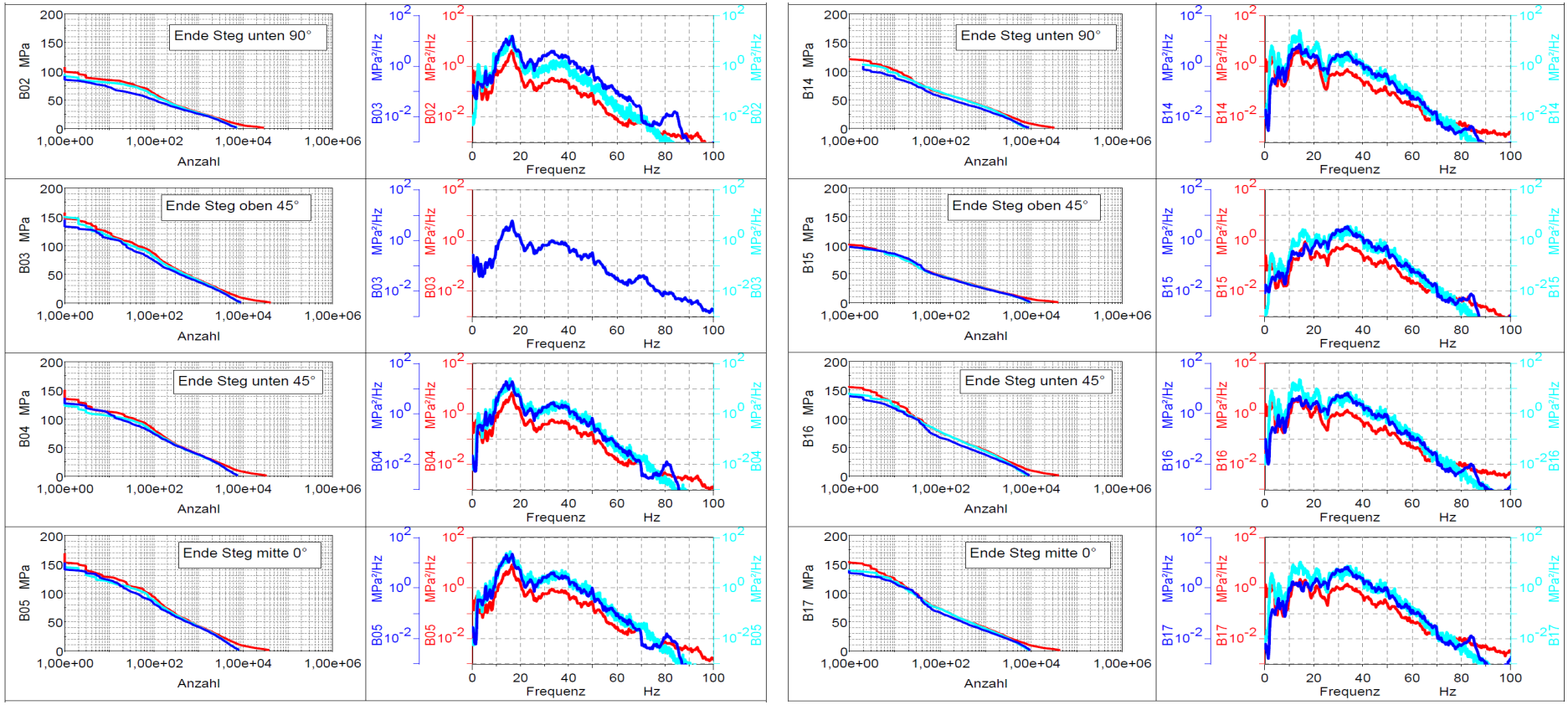
8 Ergebnisse

- Die Auswertung der Lebensdauer erfolgt auf Basis der gemessenen Dehnungen.
- Die Kontrolle der erreichten Testergebnisse wird mit Hilfe des Lastkollektivs und der Analyse im Frequenzbereich durchgeführt.
- Die Messstellen werden hinsichtlich der Schädigung im Vergleich zur Belastungsmessung ausgewertet.
- Abweichungen beim Vergleich der Schädigung durch eine Laufzeit-verlängerung im Test kompensiert.
- Ziel bei der Auswertung sollte die Vergleichbarkeit der Ergebnisse in Bezug auf Schadensmechanismus, Schadensort und Laufzeit.

© IMA GmbH Dresden. Alle Rechte vorbehalten

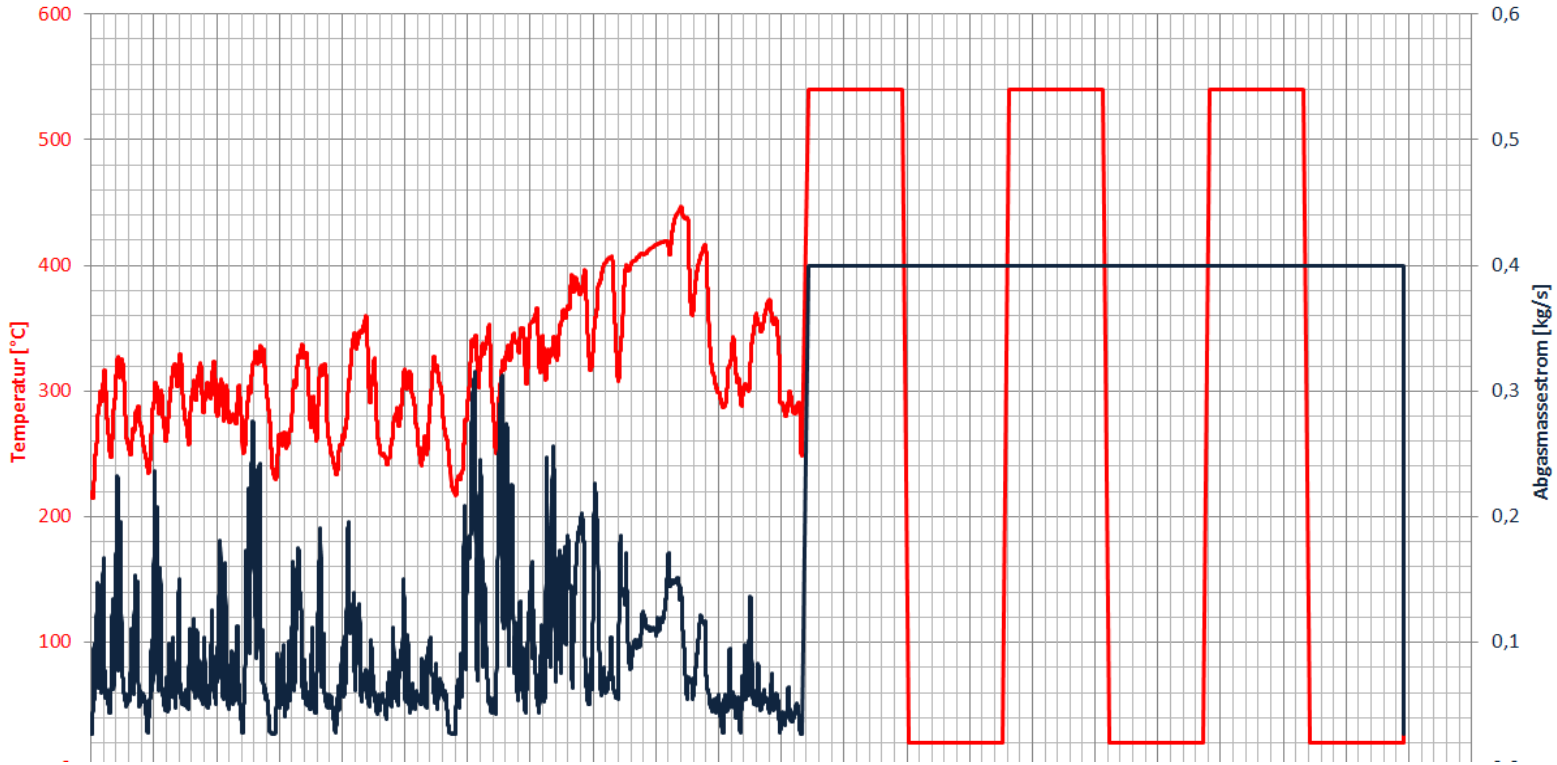
8 Ergebnisse

Vergleich der Belastungskollektive und des Frequenzspektrums



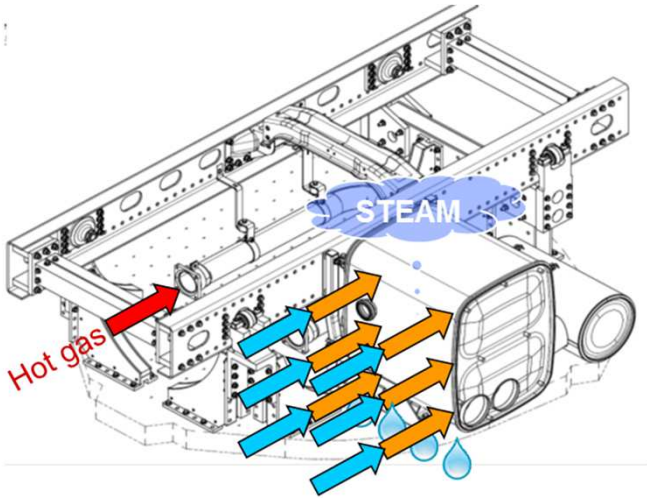
8 Ausblick

Thermische Belastung bei Abgasanlagen von Nutzfahrzeugen



8 Ausblick

Äußerer Thermoschock



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Martin Semsch
Strukturtest

Email: martin.semsch@ima-dresden.de
Tel.: +49 351 8837 334
Internet: www.ima-dresden.de