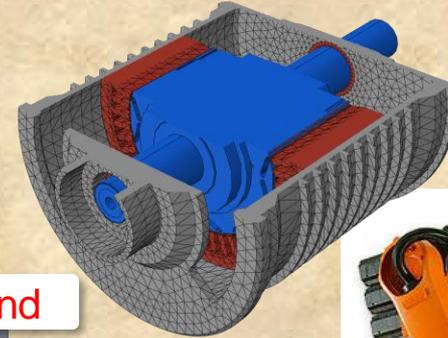
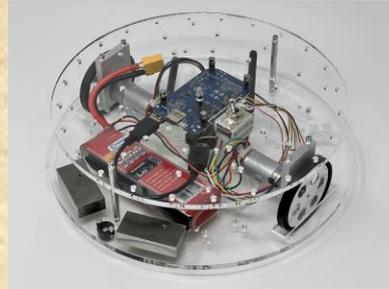
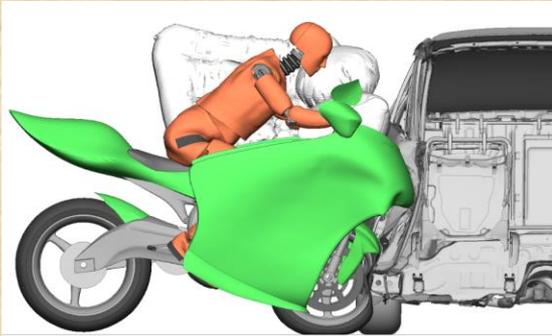
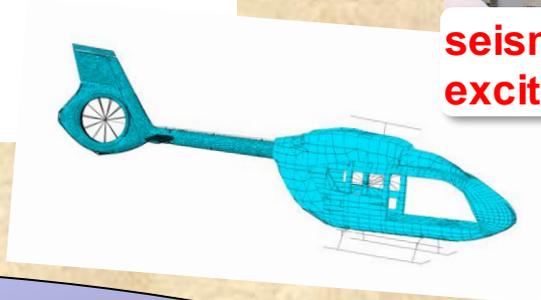
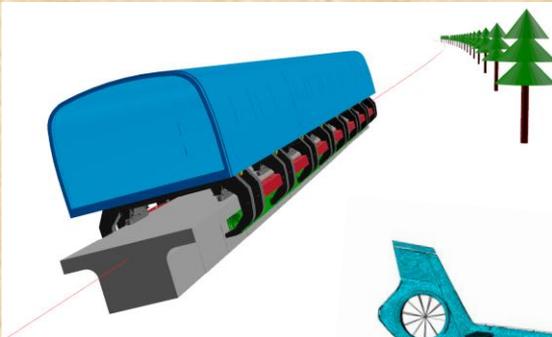


# Mechatronische Probleme

Anwendungsfach  
Technische Kybernetik



seismic  
excitations



Institut für Technische  
und Numerische Mechanik  
Universität Stuttgart  
Prof. P. Eberhard, J. Fehr, M. Hanss

# Kompetenzen und Dozenten am ITM



Prof. P. Eberhard



Prof. M. Hanss



Prof. J. Fehr



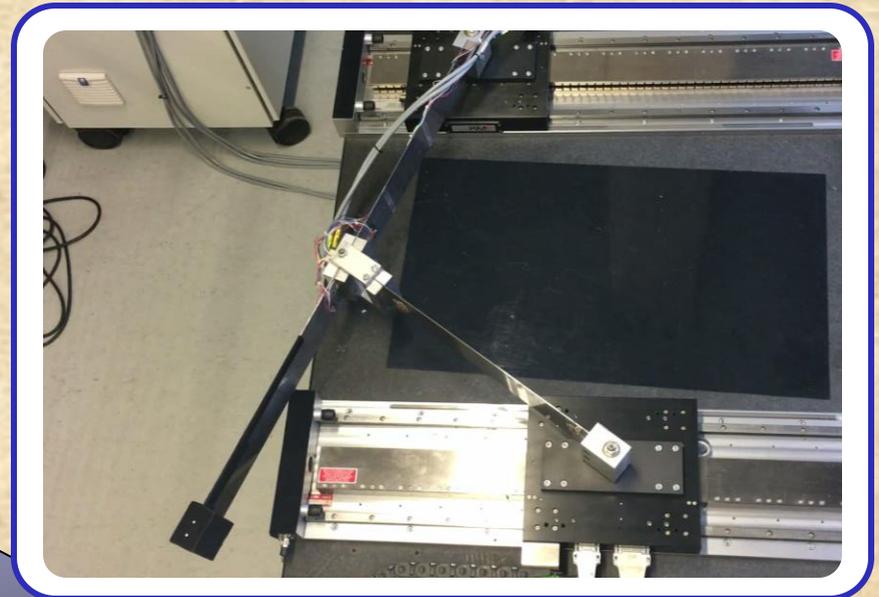
Dr.-Ing. P. Ziegler



Dr.-Ing. H. Ebel

## Mecha(tro)nische Systeme

- Analyse
- Modellierung
- Simulation
- Optimierung
- Regelung
- intelligent
- adaptiv
- autonom



Institut für Technische  
und Numerische Mechanik  
Universität Stuttgart  
Prof. P. Eberhard, J. Fehr, M. Hanss

# Roboter für die Automatisierung komplexer logistischer Prozesse

## Leichtbauweise

- erhebliche Strukturnachgiebigkeit
- erhöhte Schwingungsanfälligkeit
- gleichzeitig hochdynamische Arbeitsweise erforderlich

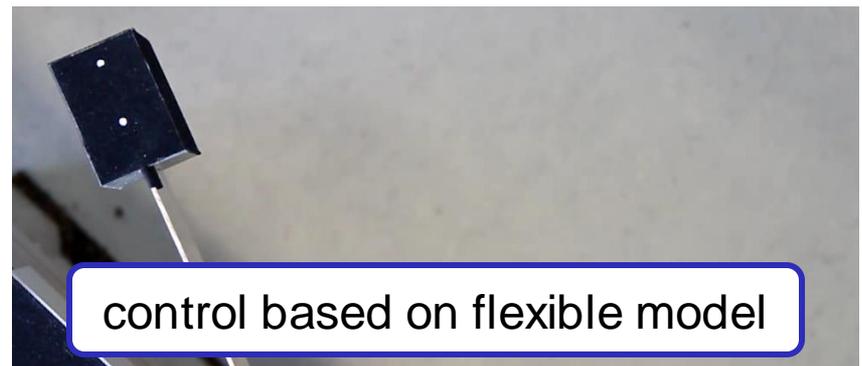
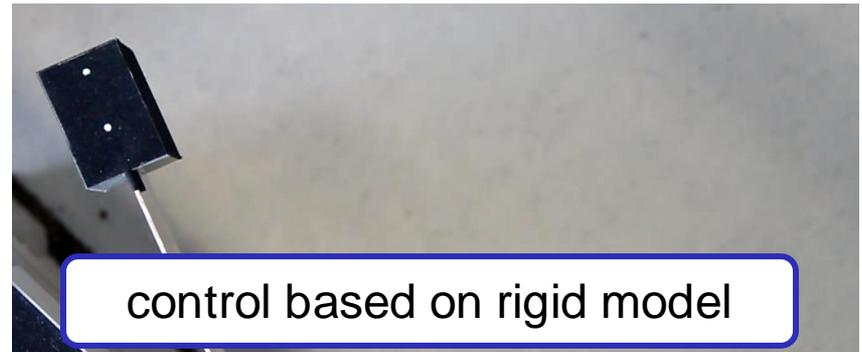
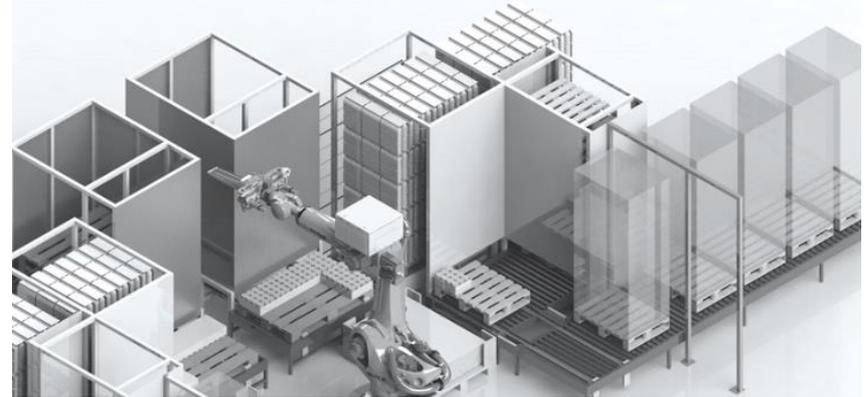
## Modellierung und Simulation

- physikalische Effekte wie z.B. **Elastizitäten, inhomogene Reibungseffekte** etc., welche bei konventionellen, langsam bewegten Systemen vernachlässigt werden konnten, **gewinnen an Einfluss**

## Sim2Reality Gap

- $\Sigma = \Sigma_{\text{Physik}} + \Sigma_{\text{Daten}}$

# Aktuelle Herausforderungen



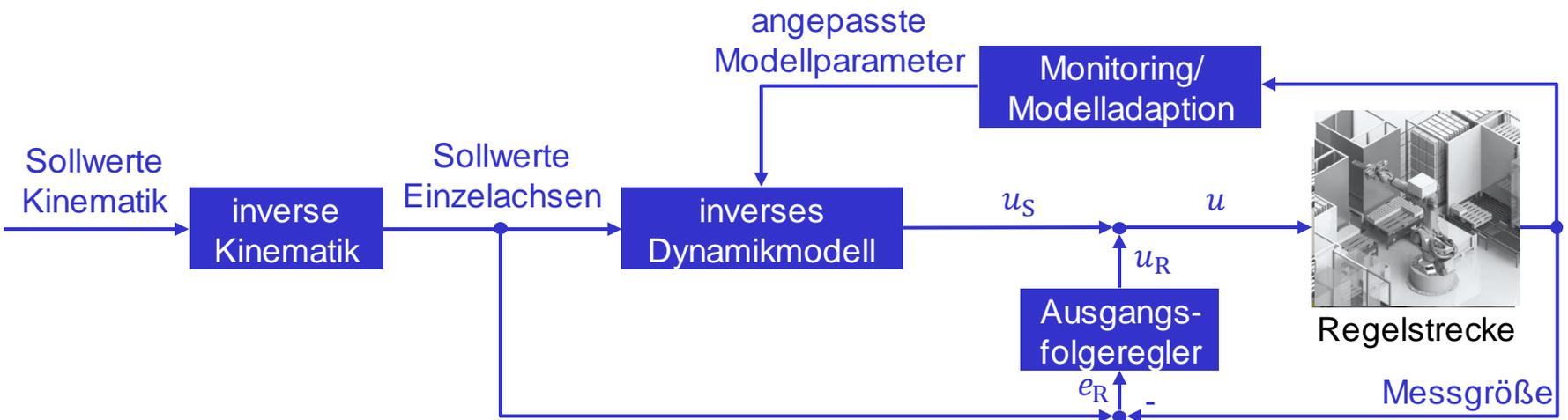
# Ziel: hybrider digitaler Zwilling

## Modellzusammensetzung

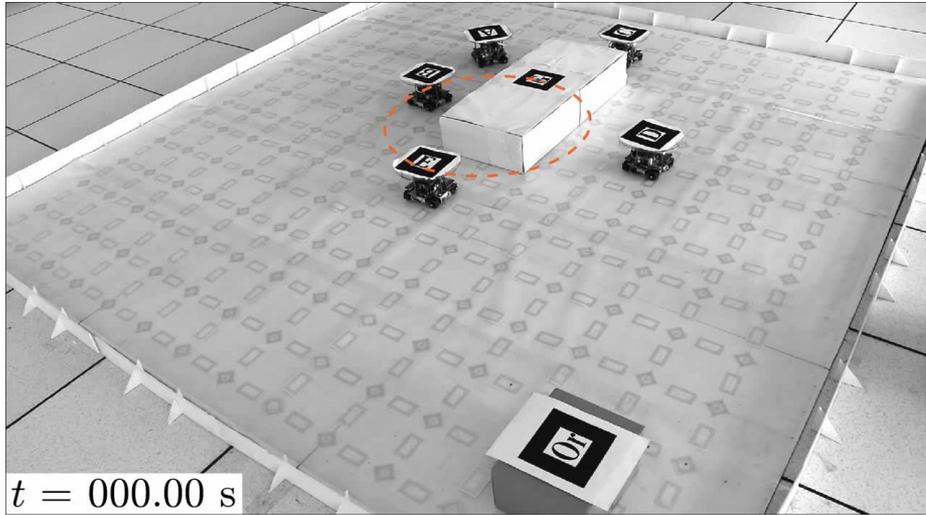
- physik- und datenbasierte Anteile
- nicht alleine Simulationsexperten
- Mensch-Maschine-Ansatz  
→ sinnvollste Modellierungs- und Parametrierungsansätze
- Fortlaufende Quantifizierung des *Sim2Reality Gap* im gesamten Engineering?

## Regelungs-/Modellarchitektur

- datenbasierte Modelloptimierung: Anpassung hybrider EMKS-Simulationen mit realen Daten
- laufende Maximierung der Performance durch modellbasierte Regelungsansätze
- gleichzeitig ausreichend hohe Robustheit



## cooperative object transportation



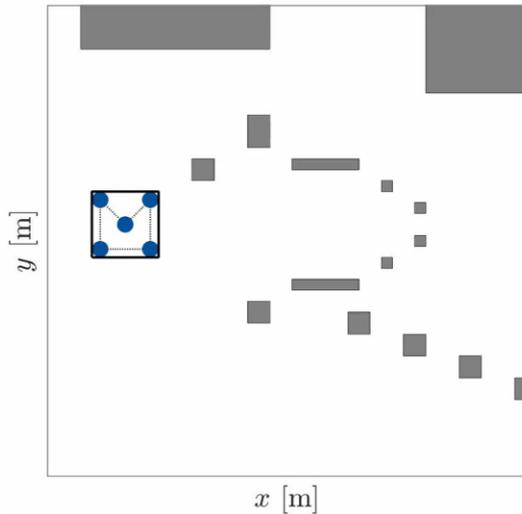
## Beispiel

## formation control

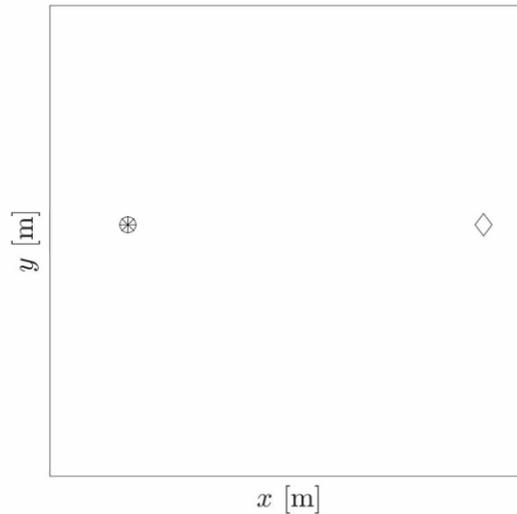


## mapping and plate transportation

$t = 00.00 \text{ s}$



$t = 00.00 \text{ s}$



## heterogeneous robotic swarm



# Mechatronische Probleme

## Anwendungsfach Technische Kybernetik

Die nutzbare Leistungsfähigkeit von mechatronischen und mechanischen Systemen wird oft durch Schwingungen eingeschränkt, die deswegen zuverlässig beherrscht werden müssen.

Das **Anwendungsfach Mechatronische Probleme** befasst sich daher mit Anwendungen der Dynamik für die **Analyse, Modellierung und Simulation mechanischer und mechatronischer Systeme**. Hierbei liegt ein besonderer Schwerpunkt auf der Beschreibung nichtlinearer Schwingungsphänomene sowie der experimentellen Analyse schwingender Strukturen.

Beispiele aus der industriellen Praxis verdeutlichen die Anwendung der Vorlesungsinhalte.

Module:

- **Modellierung und Simulation in der Mechatronik**, WS, 4 SWS, 6 LP, (**Fehr/Eberhard**)
- **Nichtlineare Schwingungen**, WS, 2 SWS, 3 LP, (**Hanss**) (früher im SS)
- **Experimentelle Modalanalyse**, SS, 2 SWS, 3 LP, (**Ziegler**)



Institut für Technische  
und Numerische Mechanik  
Universität Stuttgart  
Prof. P. Eberhard, J. Fehr, M. Hanss

**Ein** anderes Fach im Umfang von **3 LP**, das fachlich passend ist, ist nach Absprache alternativ wählbar!

### I. Grundlagen

### II. Modellbildung

- Grundsätzliches Vorgehen bei der Modellbildung
- Modellbildung bei mechanischen / elektronischen / pneumatischen / thermodynamischen Systemen

### III. Simulationsmethodiken

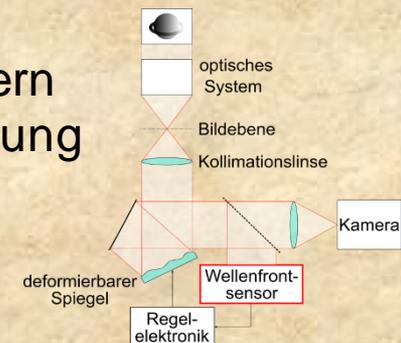
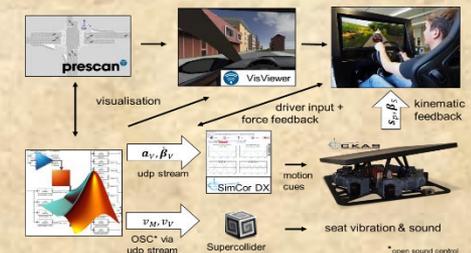
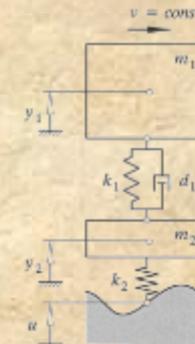
- Grundlagen der Numerischen Simulation / Simulationsumgebungen / Co-Simulation / Echtzeitsimulation

### III. Signalverarbeitung

- Stochastische Systeme / Bus-Systeme / Cyber-Physische Systeme

### III. Ausgewählte Probleme

- Windkraftanlage/ Driver in the Loop Simulator / Robotern mit ROS inkl. Kommunikation / Optik-Mechanik Kopplung



# Vorlesung Nichtlineare Schwingungen

## Nichtlineare Schwingungen (WS, 2 SWS, Hanss)

### 1. Nichtlineare Schwingungen

Konservative Eigenschwingungen  
Gedämpfte Schwingungen  
Selbsterregte Schwingungen  
Erzwungene nichtlineare Schwingungen  
Näherungsverfahren

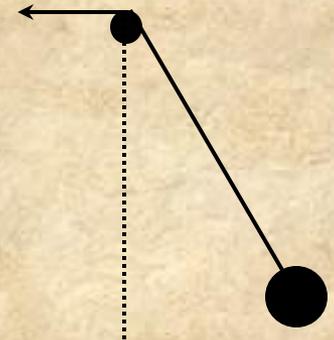
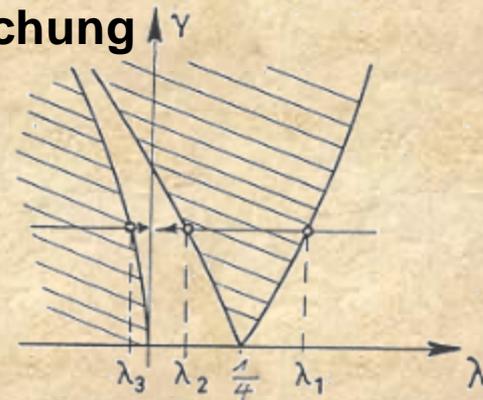


### 2. Chaotische Bewegungen

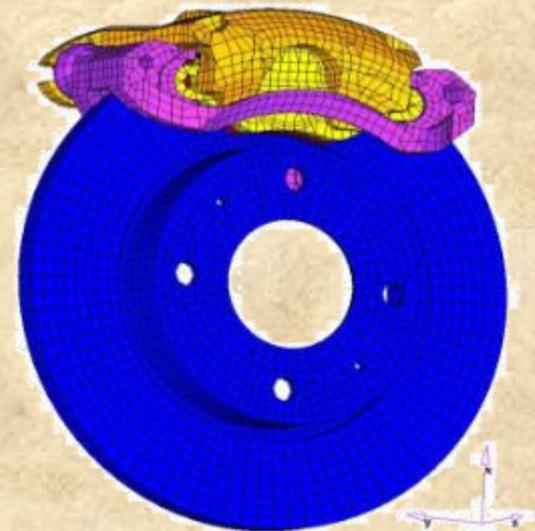
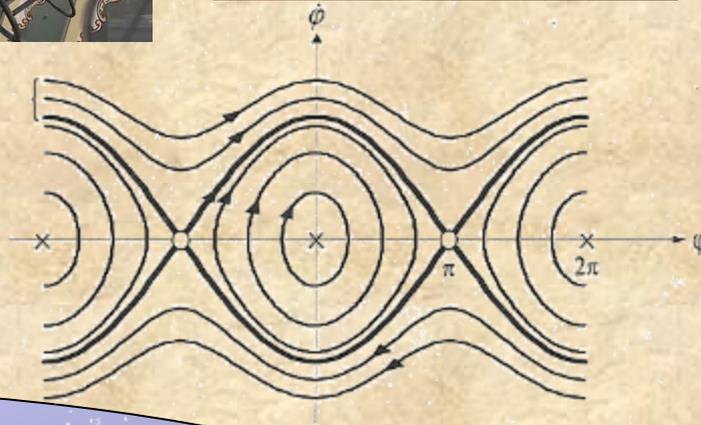
### 3. Parametererregte Schwingungen

Hill'sche Differentialgleichung  
Mathieu'sche Differentialgleichung

### 4. Übungen und Anwendungen

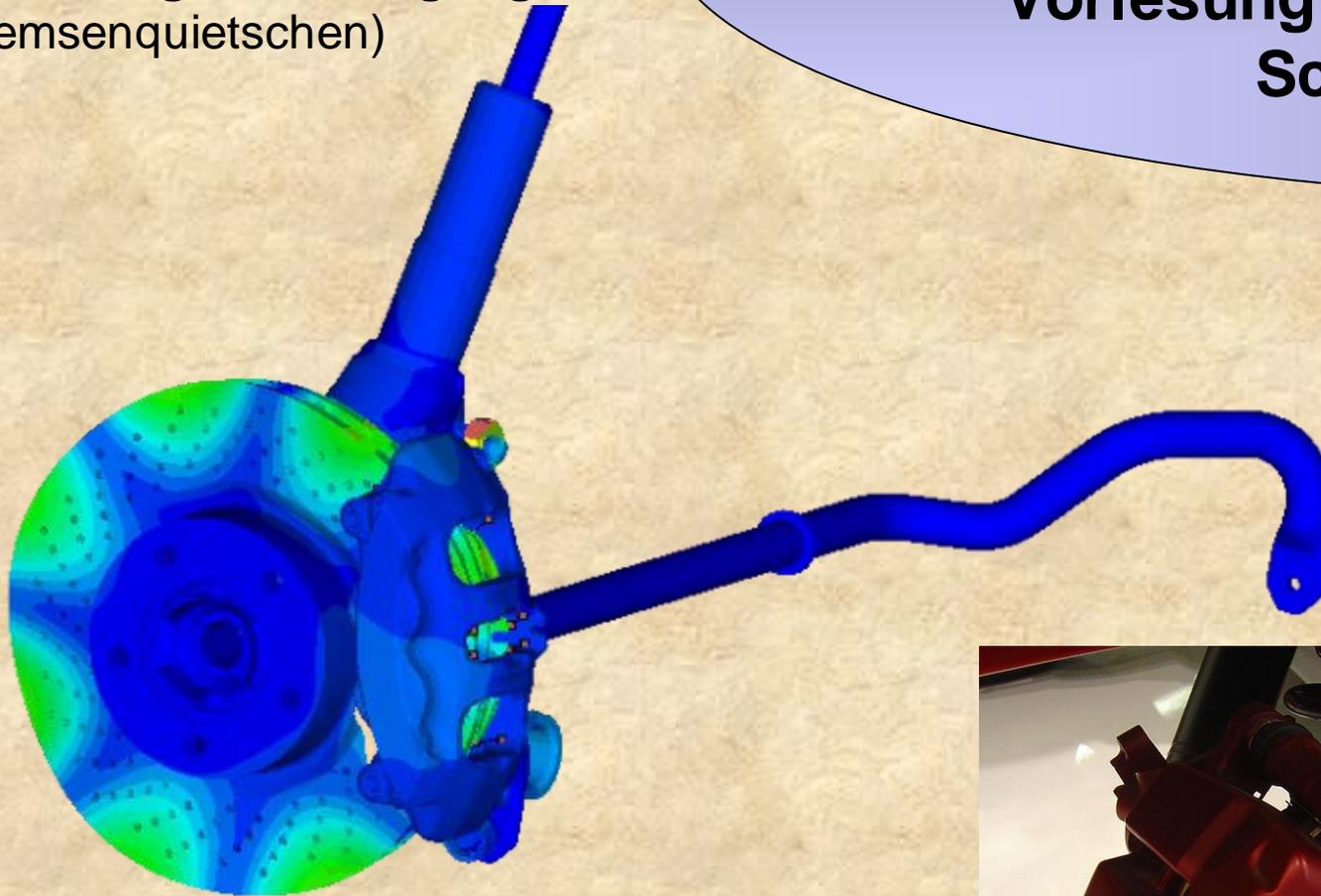


# Vorlesung Nichtlineare Schwingungen



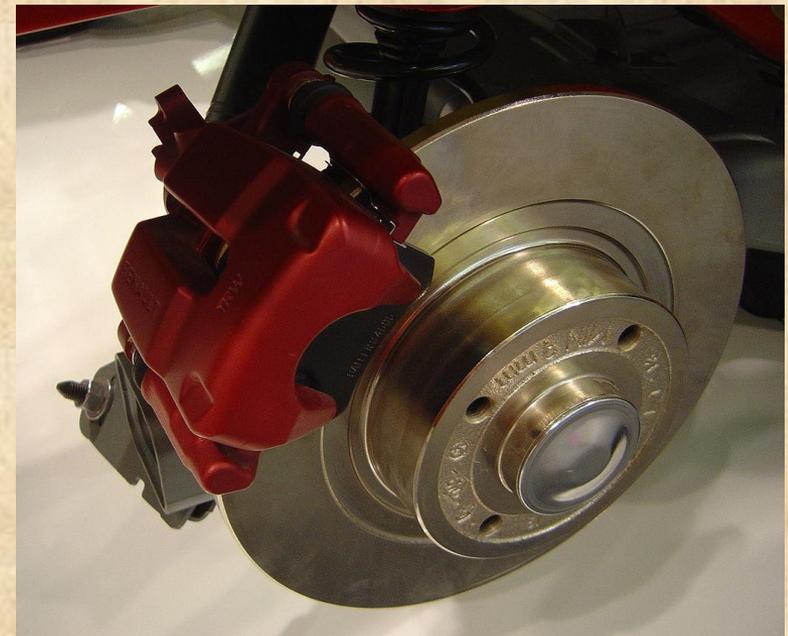
# Selbsterregte Schwingung (Bremsenquietschen)

# Vorlesung Nichtlineare Schwingungen



102.6 174.3 151.8 2.44 Animation >> 1

Frequency: 2776.640

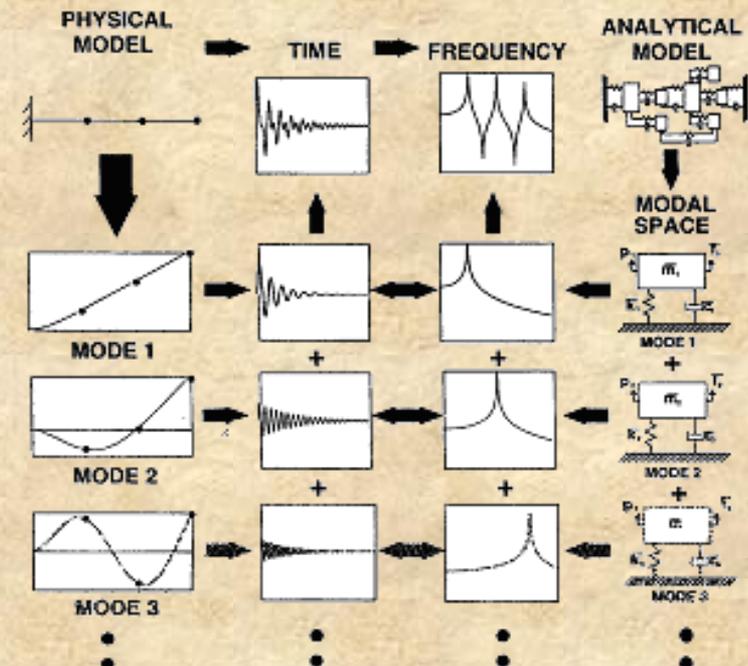
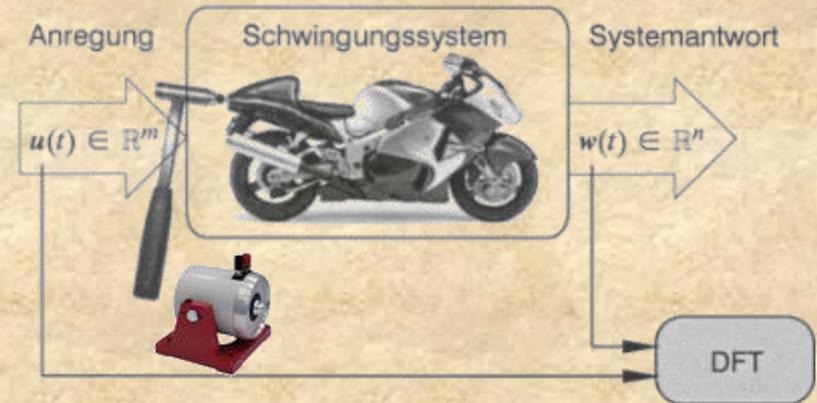


Institut für Technische  
und Numerische Mechanik  
Universität Stuttgart  
Prof. P. Eberhard, J. Fehr, M. Hanss

# Experimentelle Modalanalyse (SS, 2 SWS, 3 LP, Ziegler)

# Vorlesung Experimentelle Modalanalyse

1. Grundlagen und Anwendungen der experimentellen Modalanalyse
2. Methoden zur Schwingungsanregung, Messverfahren
3. Signalanalyse und -verarbeitung, Zeit- und Frequenzbereichsdarstellung
4. Frequenzgang, Übertragungsfunktion und deren modale Zerlegung
5. Bestimmung modaler Kenngrößen, Modenerkennung und -vergleich

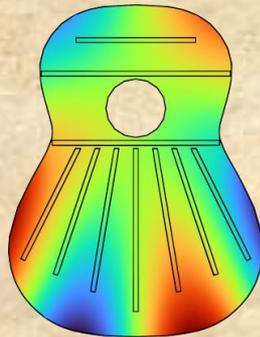


# Materialschäden an Gemälden durch Schwingungen

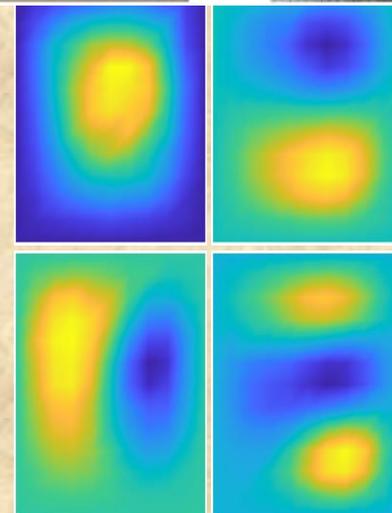
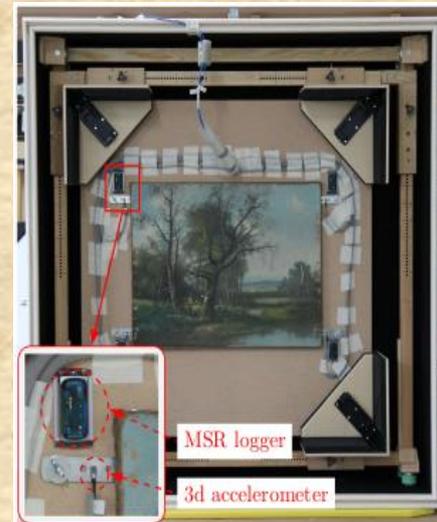
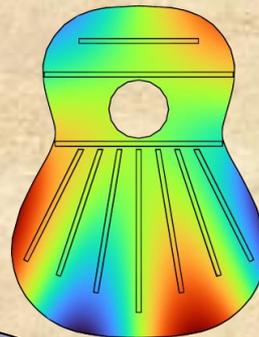
Experimentelle und computergestützte Verfahren, um ein besseres Systemverständnis zu erlangen und eine systematische Untersuchung von Kunstgegenständen und Musikinstrumenten zu ermöglichen.



Referenzinstrument



Kopie – optimiert



# Spezialisierungsfach Technische Dynamik

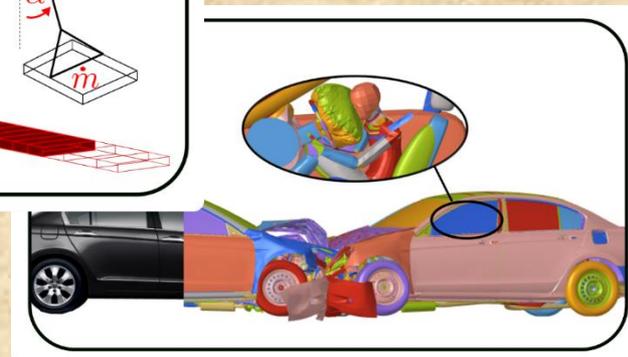
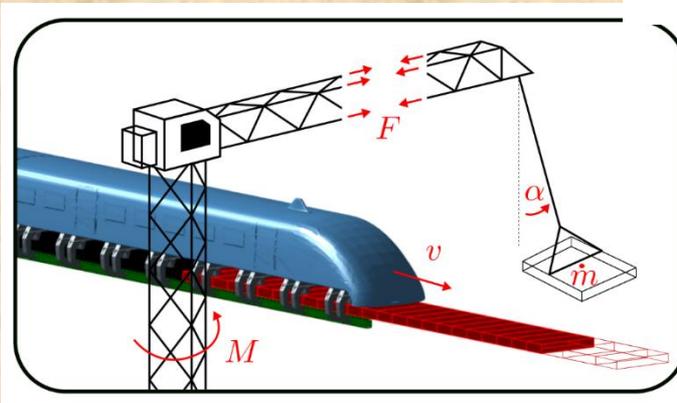
# Master of Science

Das **Spezialisierungsfach Technische Dynamik** befasst sich mit der **Analyse, Modellierung, Simulation und Optimierung** mechanischer und mechatronischer Systeme.

Aufbauend auf der Methode der **Mehrkörperdynamik** werden hierzu weitergehende Methoden aus dem Bereich der **Elastodynamik, Mechatronik, Systemdynamik und Numerik** behandelt.

Typische Anwendungsfelder der Technischen Dynamik sind die **Maschinendynamik, Fahrzeugdynamik, Robotik, Unsicherheitsbehandlung, Biomechanik und Kontaktmechanik**.

Wir freuen uns auf Ihren Besuch -  
sprechen Sie uns einfach an!



Das Spezialisierungsfach Technische Dynamik umfasst 18 Leistungspunkte. Neben dem Kernfach können aus den folgenden Vorlesungen die restlichen LP gewählt werden:

- Flexible Mehrkörpersysteme (Kernfach verpflichtend), SS, 4 SWS, 6 LP (Fehr/Eberhard)
- Modellierung und Simulation in der Mechatronik\*, WS, 4 SWS, 6 LP (Fehr/Eberhard)
- Methoden der Unsicherheitsanalyse, SS, 4 SWS, 6 LP (Hanss)
- Nichtlineare Schwingungen\*, WS, 2 SWS, 3 LP (Hanss)
- Fahrzeugdynamik, WS, 2 SWS, 3 LP (Ziegler/Eberhard)
- Optimization of Mechanical Systems, WS, 2 SWS, 3 LP (Eberhard/Hose)
- Experimentelle Modalanalyse\*, SS, 2 SWS, 3 LP (Ziegler)
- Model Reduction of Mechanical Systems, WS, 2 SWS, 3 LP (Fehr)
  
- Praktikum Technische Dynamik, WS/SS, 2 SWS, 3 LP (Eberhard/Hanss)
- ... ..

