

Schwerpunkt

# SP 11: Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik

20.4.2020

INSTITUT FÜR FAHRZEUGSYSTEMTECHNIK, INSTITUTSTEIL FAHRZEUGTECHNIK



# Übersicht zum SP 11 „Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und –akustik“

Worum geht es in dieser Präsentation?

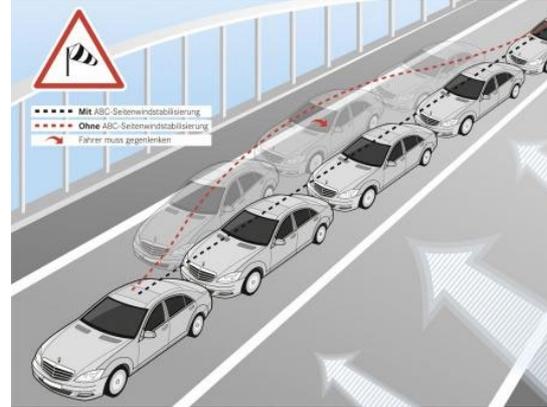
- **Themenfeld Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik**
- Berufliches Umfeld Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik
- Einbettung der SP 11 in das konsekutive Studium Maschinenbau

# Themenfeld Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und –akustik

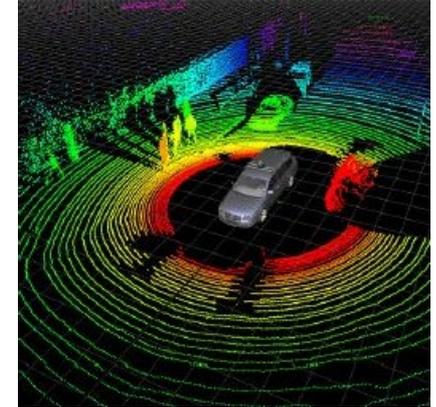
## Bedeutung Fahrdynamik



[Bild: Ronald Sassen]



[Bild: Daimler]



[Bild: KIT, mrt]

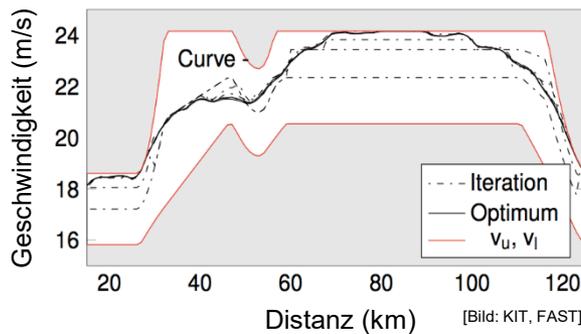
### Fahrzeugstabilität

### Seitenwindeinfluss

### Interaktion mit Umfeld

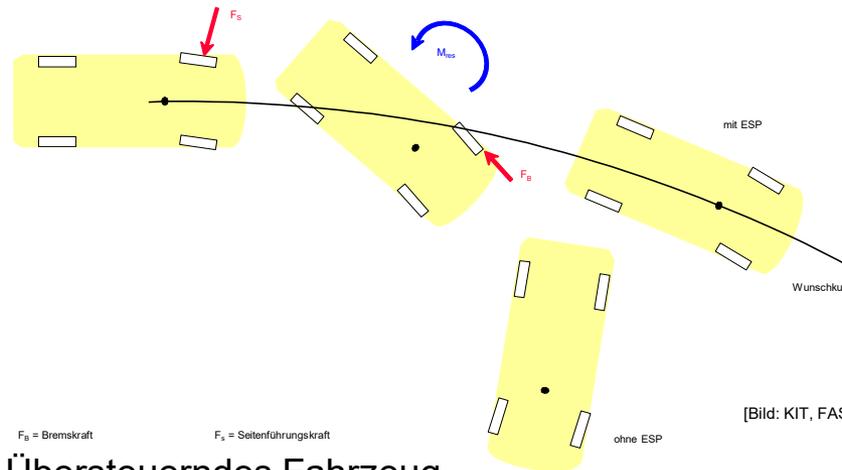
$$v_{u,k}^{j+1} = v_{opt,k}^j + 0.5 \cdot \gamma \cdot (v_{u,k}^j - v_{l,k}^j)$$

$$v_{l,k}^{j+1} = v_{opt,k}^j - 0.5 \cdot \gamma \cdot (v_{u,k}^j - v_{l,k}^j)$$



[Bild: KIT, FAST]

### Optimale Fahrtrajektorie



[Bild: KIT, FAST]

### Übersteuerndes Fahrzeug

# Themenfeld Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik

## Bedeutung Fahrzeugkomfort und -akustik



Sounddesign

[Bild: Porsche]



Verkehrslärm

[Bild: Konsalt GmbH]



entspanntes Fahren

[Bild: Daimler]



Sicherheit

[Bild: Paperka]

# Themenfeld Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und –akustik

## Interaktionen und Lösungen

- Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und –akustik sind eng miteinander verknüpft.

- Beispielsweise beeinflussen

Fahrbahn, Radungleichförmigkeiten, Federn, Dämpfer, Fahrwerkskinematik, Antriebsmaschinen und Antriebsstrang

- den akustischen und mechanischen Fahrkomfort, aber auch
- die Fahrdynamik und damit die Fahreigenschaften sowie die Fahrsicherheit von Kraftfahrzeugen.

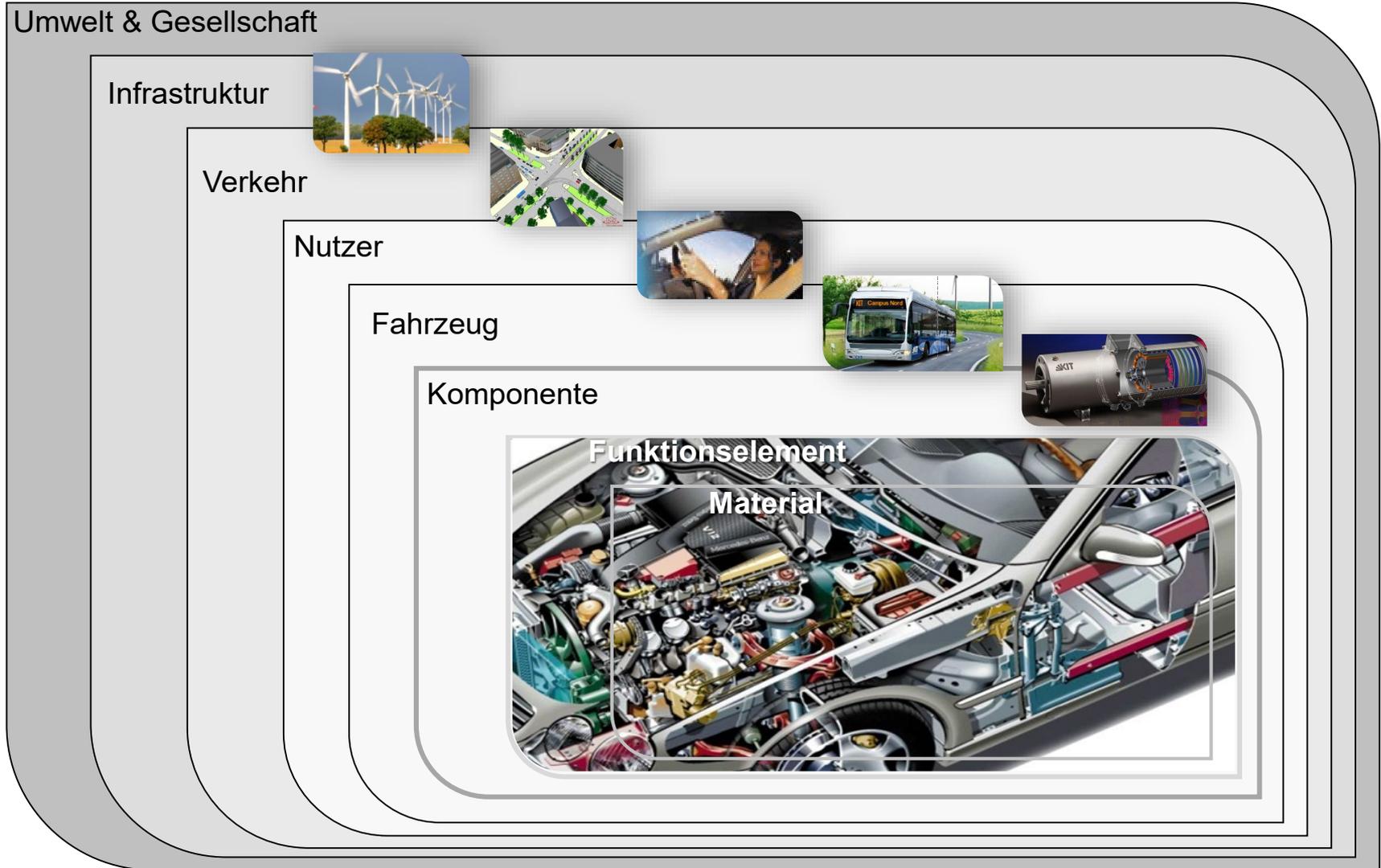


- Häufig werden im Fahrzeug **passive mechanische Systeme** genutzt.
- Eine wichtige Rolle spielen aber auch **mechatronische Systeme**, mit denen die Fahrdynamik (z.B. ESP) und der Fahrkomfort (z.B. aktive Fahrwerke) beeinflusst werden kann.



# Themenfeld Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und –akustik

## Systemansatz



# Übersicht zum SP 11 „Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und –akustik“

Worum geht es in dieser Präsentation?

- Themenfeld Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik
- **Berufliches Umfeld Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik**
- Einbettung der SP 11 in das konsekutive Studium Maschinenbau

- **Größter Wirtschaftszweig Deutschlands.** Umsatz 435 Mrd. Euro (2019) = 23% des Gesamtumsatzes der deutschen Industrie.
- 5 Mio. Menschen rund um das Auto beschäftigt, = **jeder 7. Arbeitsplatz**
- In 2018 und 2019 833.000 Mitarbeiter, davon > **100.000 Ingenieure.**
- **258 500 Mitarbeiter in Baden-Württemberg** in der Fahrzeug-Industrie direkt tätig, 470 000 inklusive Maschinen- und Anlagenbau, Dienstleistung, Handel, Reparatur.
- Zehn der hundert weltweit größten Auto-Zulieferer haben ihren Hauptsitz in Baden-Württemberg oder sind mit Tochterunternehmen vertreten.



[Bild: Porsche]

- Forschung und Entwicklung dt. Automobilindustrie in 2017 42,7 Mrd. Euro, d. h. **> 1/3 der weltweiten F&E-Aufwendungen** in diesem Segment (Platz 1 vor USA und Japan), entspricht 37% aller deutschen F&E-Aufwendungen.
- Die deutsche Automobilindustrie gehört zu den weltweit **führenden Patentanmeldern**: Platz 2 mit 15% (nach USA mit 25%), das sind 47% aller dt. Patentanmeldungen, die meisten kommen aus BW.
- Z. Z. **beispielloser Innovationsprozess** (Digitalisierung, autonomes Fahren, Elektromobilität, Leichtbau, regenerative Energie, ...).
- **Offene Ingenieurstellen Q4 2019: 113 000** (-10,4% gegenüber Q4 2018; arbeitssuchend 32 300, +10,2% gegenüber Q4 2018).  
Am häufigsten Informatik (40 000) gesucht, Maschinen- und Fahrzeugbau sowie Elektroingenieure (26 100), stärkster Bedarf in Baden-Württemberg (19 200, davon Maschinen- und Fahrzeugtechnik 2 100, -29% geg.üb. Q4 2018)

Quelle: VDI, März 2020



[Bild: BMW]

Weltmarktanteil deutscher  
Fahrzeuge im  
Premiumsegment 65%.

EU-Marktanteil deutscher  
Fahrzeuge ca. 37,3%  
(Neuwagen)

Weltmarktanteil deutscher  
Fahrzeuge ca. 15,5%.

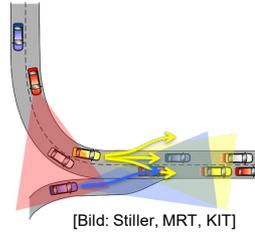
71% aller Fahrzeuge  
deutscher Hersteller  
werden im Ausland  
produziert.

Marktanteil der  
Premiumfahrzeuge  
deutscher Hersteller in  
China 78%.

Quelle: diverse, Bezugsjahr 2019

# Trends in der Automobilbranche

Digitalisierung



[Bild: Stiller, MRT, KIT]

Vernetzung



[Bild: TAF, FZI]

Elektrifizierung



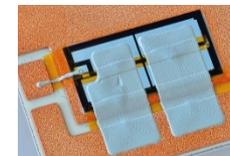
[Bild: Doppelbauer, EIT, KIT]

Sharing



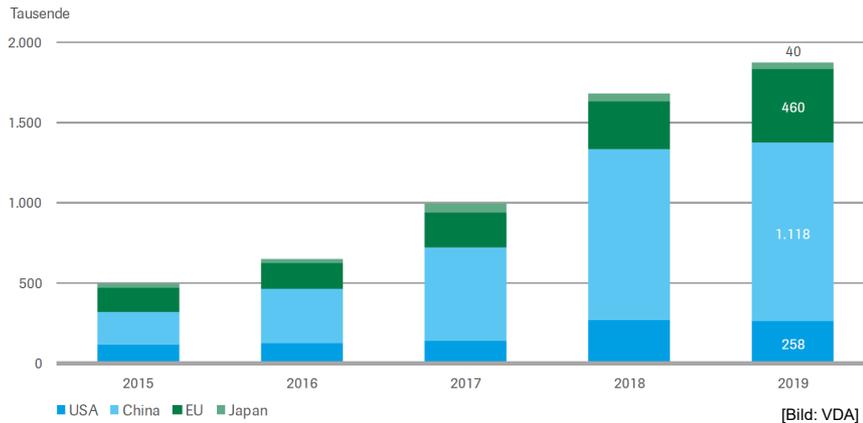
[Bild: Navia]

Intelligente Materialien und Strukturen,  
Additive Fertigung



[Bild: Martin Müller/FAPS@FAU]

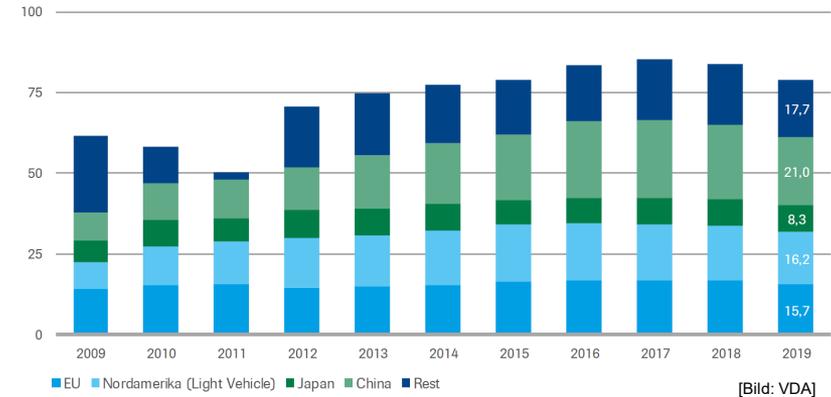
# Trends in der Automobilbranche



Absatz Elektro-Pkw (Batterieelektrische Fahrzeuge, Plug-in Hybride, Brennstoffzellenfahrzeuge)

Gründe für Rückgang Umsätze seit 2018:

- Rückläufiger Weltmarkt (2018 → 19: -5 %)
- Handelskonflikt mit USA
- Dieselskandal
- Umrüstung der Werke auf E-Fahrzeuge
- Corona-Pandemie



Weltweite Pkw-Produktion nach Regionen [Mio.]

75% der in Deutschland hergestellten Pkw werden exportiert.

Grund für Exporterfolg: hohe Qualität.

2/3 aller Pkw-Exporte sind Premium-Fahrzeuge (nach Europa 52%, nach Asien 92 %, nach USA 96 % Premiumfahrzeuge)

# Maschinenbau

**Elektrotechnik**

Chemie

**Materialwissenschaft**

Physik

**Informatik**

Psychologie

Jura

Mathematik

**Wirtschaftswissenschaft**

**Mobilität** **Fachwissen**

**Interdisziplinäres Wissen** { Maschinenbau  
Elektrotechnik  
Informatik

**Teamfähigkeit** **Organisationstalent**

**Wandel aktiv gestalten** **Pragmatismus**

**Invention** **Kommunikation**

**Innovation**

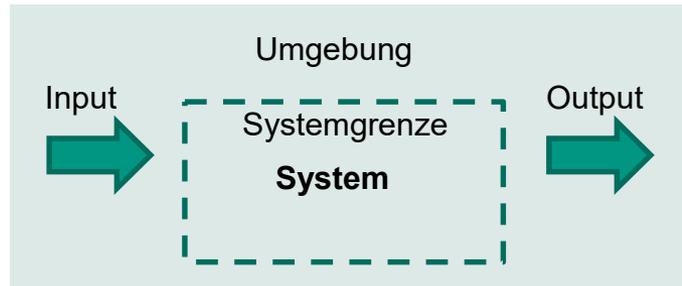
**Tempo** **Weitsichtigkeit**

**Englisch** **flexibles Denken und Handeln**

**Kostenbewusstsein**

# Berufsbild Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik

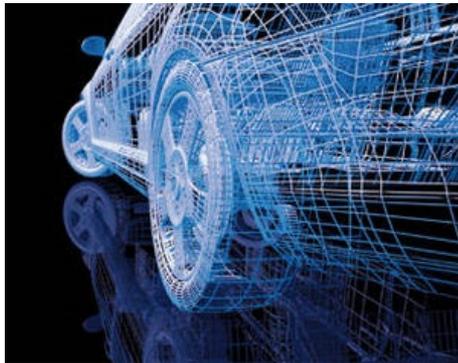
## Tätigkeitsfelder



Systemanalyse

- Modellbildung und Simulation
- Erarbeitung der Ziel-Eigenschaften
- Auslegung und Konstruktion
- Optimierung und Absicherung
- Methodenentwicklung

Systementwicklung



Simulation



Versuch



[Bild: Daimler]

Mensch-Fahrzeug-Interaktion

Darauf sind die Lehrveranstaltungen des Schwerpunkts ausgerichtet.

# Berufsbild Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik Arbeitgeber

**Fahrzeughersteller:** Pkw, Nfz, Mobile Arbeitsmaschinen, Bahn, ...

**Zulieferer:** ca. 50% der Beschäftigten, ca. 75% der Wertschöpfung

Zuliefererkette Tier 1, Tier 2, Tier 3, ...

**Ingenieurdienstleister**

**Forschungsinstitute**

**Aus- und Weiterbildung**

**Prüfinstitute**

**Patentwesen**

**Gutachter, Sachverständiger**

**Verbände und Vereinigungen**



# Übersicht zum SP 11

## „Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und –akustik“

Worum geht es in dieser Präsentation?

- Themenfeld Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik
- Berufliches Umfeld Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik
- **Einbettung der SP 11 in das konsekutive Studium Maschinenbau**

# Vertiefungsrichtungen im **Masterstudium**

Im Masterstudiengang stehen insgesamt **8 Vertiefungsrichtungen** zur Auswahl:

Vertiefungsrichtung	Abk.	Verantwortlicher
Allgemeiner Maschinenbau	MB	Furmans
Energie-und Umwelttechnik	E+U	Maas
<b>Fahrzeugtechnik</b>	<b>FzgT</b>	<b>Gauterin</b>
Mechatronik und Mikrosystemtechnik	M+M	Korvink
Produktentwicklung und Konstruktion	PEK	Albers
Produktionstechnik	PT	Schulze
Theoretischer Maschinenbau	ThM	Böhlke
Werkstoffe und Strukturen für Hochleistungssysteme	W+S	Heilmaier

## Einbettung des Schwerpunkts SP 11

### Studienordnung Masterstudiengang Maschinenbau:

In den beiden Studienjahren sind die Modulteilprüfungen aus folgenden Modulen abzulegen:

1. Mathematische Methoden: im Umfang von 6 Leistungspunkten,
2. Produktentstehung: im Umfang von 13 Leistungspunkten,
3. Modellbildung und Simulation: im Umfang von 7 Leistungspunkten,
4. Fachpraktikum: im Umfang von 4 Leistungspunkten,
5. Wahlpflichtmodul Maschinenbau: im Umfang von 8 Leistungspunkten,
6. Fachübergreifendes Wahlfach Bereich Naturwissenschaften/Informatik/Elektrotechnik: im Umfang von 6 Leistungspunkten,
7. Fachübergreifendes Wahlfach Bereich Wirtschaft/Recht: im Umfang von 4 Leistungspunkten,
8. Schlüsselqualifikation: im Umfang von 2 Leistungspunkten,
9. **Zwei Schwerpunkte, bestehend aus je einem Kern- und Ergänzungsmodul, wobei in jedem Schwerpunkt ein Umfang von insgesamt mindestens 16 Leistungspunkten absolviert wird**

# Wahlmöglichkeiten im SP 11

## „Fahrodynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik“

- Für jeden Schwerpunkt werden **mindestens 16 LP** gewählt (Master) .
- Davon müssen **mindestens 8 LP Kernmodulfächer** **K** sein.
- Die **übrigen** Leistungspunkte können **aus** dem **Ergänzungsbereich** (E) kommen.

## Wahl der Schwerpunkte

- Insgesamt existieren derzeit 46 Schwerpunkte <sup>1)</sup>, in der Vertiefungsrichtung „Fahrzeugtechnik“ sind **34 Schwerpunkte wählbar**.
- Innerhalb einer Vertiefungsrichtung sind **zwei Schwerpunkte** zu wählen.
- In einigen der Vertiefungsrichtungen ist die Wahl des **ersten Masterschwerpunkts** eingeschränkt, so dass einer der mit „p“ gekennzeichneten **Schwerpunkte** zu wählen ist.
- Die Wahl des **zweiten Masterschwerpunkts** kann aus den mit „w“ oder „p“ gekennzeichneten **Schwerpunkten** erfolgen.
- In einem **konsekutiven Master-Studium** kann ein solcher p-Schwerpunkt durch einen w-Schwerpunkt ersetzt werden, wenn der p-Schwerpunkt bereits im Bachelorstudium gewählt wurde.

1) Die Nummerierung der Schwerpunkte reicht weiter, einzelne Schwerpunkte wurden jedoch gestrichen unter Beibehaltung der bisherigen Nummerierung.

# SP im Masterstudium Maschinenbau (1/3)

Schwerpunkt	SP-Verantwortlicher	SP-Nr.	MB	E+U	FzgT	M+M	PEK	PT	ThM	W+S
Advanced Materials Modelling	Böhlke	56	w						w	w
Advanced Mechatronics	Mikut	1	w	w	w	p	w	w	w	
Angewandte Mechanik	Böhlke	30	w	w	w	w	w	w	p	w
Antriebssysteme	Albers	2	w		w		w	w		
Automatisierungstechnik	Mikut	4	w	w	w	p	w	w	w	
Bahnsystemtechnik	Gratzfeld	50	w		p	w	w			
Computational Mechanics	Proppe	6	w		w	w	w		p	
Entwicklung innovativer Geräte	Matthiesen	51	w	w	w		p	w		
Entwicklung und Konstruktion	Albers	10	w	w	w		w	w		
Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik	Gauterin	11	w		w	w	w		w	
Fusionstechnologie	Stieglitz	53	w	w					w	
Gebäudeenergietechnik	H.-M. Henning	55	w	w						
Grundlagen der Energietechnik	Bauer	15	w	p	w	w	w			
Informationstechnik	Stiller	18	w	w	w	w	w	w	w	
Informationstechnik für Logistiksysteme	Furmans	19	w				w	w		
Innovation und Entrepreneurship	Class	59		w						
Integrierte Produktentwicklung	Albers	20	w	w	w		p	w		

# SP im Masterstudium Maschinenbau (2/3)

Schwerpunkt	SP-Verantwortlicher	SP-Nr.	MB	E+U	FzgT	M+M	PEK	PT	ThM	W+S
Kerntechnik	Cheng	21	w	w					w	
Kognitive Technische Systeme	Stiller	22	w		w	w	w	w	w	
Kraftfahrzeugtechnik	Gauterin	12	w		p		w			
Kraft- und Arbeitsmaschinen	Th. Koch	24	w	w	w		w			
Kraftwerkstechnik	Bauer	23	w	w			w			
Leichtbau	F. Henning	25	w	w	w		w	w		w
Lifecycle Engineering	Ovtcharova	28	w		w	w	p	p		
Logistik und Materialflusslehre	Furmans	29	w				w	p		
Materialwissenschaft und Werkstofftechnik	Heilmaier	26	w	w	w	w	w	w	w	p
Mechatronik	Hagenmeyer	31	w	w	w	p	w	w	w	
Medizintechnik	Pylatiuk	32	w			w	w			
Mensch - Technik - Organisation	Deml	3	w	w			w	p		
Mikroaktoren und Mikrosensoren	Kohl	54	w	w	w	w	w	w		
Mikrosystemtechnik	Korvink	33	w	w	w	p	w	w		
Mobile Arbeitsmaschinen	Geimer	34	w		p	w	w	w		
Modellbildung und Simulation in der Dynamik	Seemann	61	w	w	w	w	w	w	p	
Modellierung und Simulation in der Energie- und Strömungstechnik	Maas	27	w	w	w	w	w			
Polymerengineering	Elsner	36	w	w	w		w	w		w
Produktionstechnik	Schulze	39	w		w		w	p		

# SP im Masterstudium Maschinenbau (3/3)

Schwerpunkt	SP-Verantwortlicher	SP-Nr.	MB	E+U	FzgT	M+M	PEK	PT	ThM	W+S
Robotik	Mikut	40	w			p	w	w	w	
Schwingungslehre	Fidlin	60	w	w	w	w	w	w	p	
Strömungsmechanik	Frohnapfel	41	w	w	w		w		p	
Technische Keramik und Pulverwerkstoffe	Hoffmann	43	w	w	w		w			w
Technische Logistik	Furmans	44	w				w	w		
Technische Thermodynamik	Maas	45	w	w	w	w	w		w	w
Thermische Turbomaschinen	Bauer	46	w	w	w				w	w
Tribologie	Dienwiebel	47	w	w	w	w	w	w	w	w
Verbrennungsmotorische Antriebssysteme	Th. Koch	58	w	w	p	w	w			
Zuverlässigkeit im Maschinenbau	Gumbsch	49	w	w	w	w	w	w	w	p

# Übersicht zum SP 11

## „Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik“ Veranstaltungen

Wahlpflichtblock: Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik (K) (mind. 8 LP)			
T-MACH-105154	Fahrzeugkomfort und -akustik I	4 LP	Gauterin
T-MACH-105155	Fahrzeugkomfort und -akustik II	4 LP	Gauterin
Wahlpflichtblock: Fahrdynamik, Fahrzeugkomfort und -akustik (E) (max. 11 LP)			
T-MACH-105233	Antriebssystemtechnik A: Fahrzeugantriebstechnik	4 LP	Albers, Matthiesen, Ott
T-MACH-105226	Dynamik des Kfz-Antriebsstrangs	5 LP	Fidlin
T-MACH-105152	Fahreigenschaften von Kraftfahrzeugen I	4 LP	Unrau
T-MACH-105153	Fahreigenschaften von Kraftfahrzeugen II	4 LP	Unrau
T-MACH-108374	Fahrzeugergonomie	4 LP	Heine
T-MACH-105156	Fahrzeugmechatronik I	4 LP	Ammon
T-MACH-105218	Fahrzeugsehen	6 LP	Lauer, Stiller
T-MACH-102117	Grundlagen der Fahrzeugtechnik II	4 LP	Gauterin, Unrau
T-MACH-105375	Industrieaerodynamik	4 LP	Breitling, Frohnepfel
T-MACH-105221	Konstruktiver Leichtbau	4 LP	Albers, Burkardt
T-MACH-105539	Moderne Regelungskonzepte I	4 LP	Groell, Matthes
T-MACH-105349	Rechnergestützte Dynamik	4 LP	Proppe
T-MACH-105350	Rechnergestützte Fahrzeugdynamik	4 LP	Proppe
T-MACH-105384	Rechnergestützte Mehrkörperdynamik	4 LP	Seemann
T-MACH-105367	Verhaltensgenerierung für Fahrzeuge	4 LP	Stiller, Werling
T-MACH-105443	Wellenausbreitung	4 LP	Seemann
T-MACH-110796	Python Algorithmus für Fahrzeugtechnik	4 LP	Rhode

# Fahrzeugkomfort und -akustik I + II (1/2)

## Ziel

Das Schwingungsverhalten von Kfz verstehen. Technische Lösungen und methodisches Vorgehen zur Analyse, Gestaltung und Verbesserung von Geräusch- und Schwingungsphänomenen am Kraftfahrzeug kennen und verstehen.

## Teil I (Kernfach 4 LP, 2 SWS im WS)

1. Schwingungs- und Geräuschwahrnehmung
2. Grundlagen Schwingungen und Akustik
3. Mess- und Analyseverfahren für Schwingungen und Geräusche
4. Phänomene, Ursachen, Lösungen, Zielkonflikte des Rollgeräuschs

## Teil II (Kernfach 4 LP, 2 SWS im SS)

1. Zusammenfassung Grundlagen Schwingungen und Geräusche
2. Phänomene, Ursachen, Lösungen, Zielkonflikte
  - Fahrbahn- / Reifen- / Fahrwerkssystem
  - Brems- und Lenksystem
  - Antriebssystem

# Fahrzeugkomfort und –akustik II (2/2)

## Exkursion



Fahr Simulator



Fahr Simulator



Ridesimulator



Akustikprüfstand

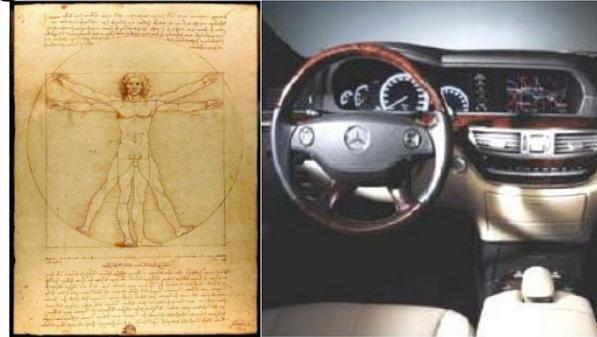
# Antriebssystemtechnik A (1/2)

## (Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)

### 1. System Antriebsstrang



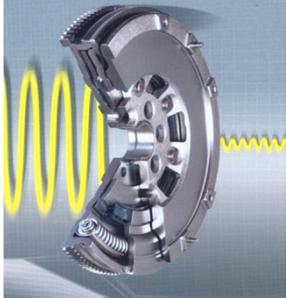
### 2. System Fahrer



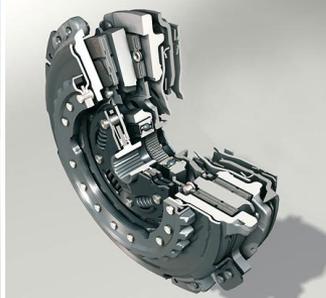
### 3. System Umgebung



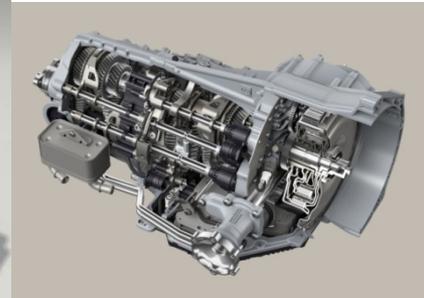
### 4. Systemkomponenten



ZMS



Kupplung

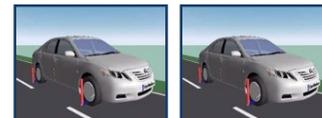


Getriebe

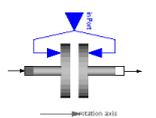
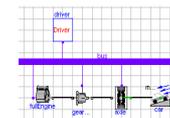
### 5. Entwicklungsprozess



real



virtuell



- Die Vorlesung vermittelt **systembezogenen Kompetenzen**, die ein zukünftiger Fahrzeugentwickler zum Design **energieeffizienter** und gleichzeitig **komfortabel fahrbarer Antriebssystemlösungen** benötigt.

# Antriebssystemtechnik A (2/2)

(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)

## Kurzbeschreibung

- Antriebstechnologien für Fahrzeuge sind von besonderer Bedeutung zum langfristigen Erhalt der Individualmobilität. Die Vorlesung vermittelt systembezogenen Kompetenzen, die ein zukünftiger Fahrzeugentwickler zum **Design energieeffizienter und gleichzeitig komfortabel fahrbarer Antriebssystemlösungen** benötigt. Hierbei stehen neben dem eigentlichen Antriebsstrang, die wechselwirkenden Systeme Fahrer und Umgebung im Fokus der Vorlesung.
- Durch die Vermittlung von **praxisrelevanten Testverfahren** werden den Studierenden Fähigkeiten zur Bewertung von Antriebslösungen im System Fahrzeug an die Hand gegeben.
- Die Vorlesung wird durch einen **eintägigen Praxisworkshop** mit einem hochrangigen Vertreter aus der Fahrzeugindustrie ergänzt.

# Dynamik des Kfz\_ Antriebsstrangs

(Ergänzungsfach 5 LP, 2 SWS im SS)

## Inhalt

- Hauptkomponenten eines KFZ-Antriebsstrangs und ihre Modelle
- Typische Fahrmanöver
- Problembezogene Modelle für einzelne Fahrsituationen
- Gesamtsystem: Betrachtung und Optimierung vom Antriebsstrang in Bezug auf dynamisches Verhalten

# Fahreigenschaften von Kraftfahrzeugen I + II

## Teil I (Ergänzungsfach 2 SWS im WS)

1. Problemstellung
  - Regelkreis Fahrer – Fahrzeug – Umgebung
2. Simulationsmodelle
  - Erstellung von Bewegungsgleichungen
  - Modell für Fahreigenschaften
3. Reifenverhalten:
  - Trockene Fahrbahn
  - Nasse Fahrbahn
  - Winterglatte Fahrbahn



## Teil II (Ergänzungsfach 2 SWS im SS)

4. Fahrverhalten
  - Fahrmanöver: stationäre Kreisfahrt, Lenkwinkelsprung, Einzelsinus ...
  - Seitenwindverhalten: stationärer und instationärer Seitenwind
  - Unebene Fahrbahn
5. Stabilitätsverhalten

# Fahrzeuergonomie

## (Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)

### Inhalt

- Grundlagen der physikalisch-körperbezogenen Ergonomie
- Grundlagen der kognitiven Ergonomie
- Theorien des Fahrerverhaltens
- Schnittstellengestaltung
- Usability-Testing

### Lernziele

Ein ergonomisches Fahrzeug ist bestmöglich auf die Anforderungen, Bedürfnisse und Eigenschaften seiner Nutzer angepasst und ermöglicht dadurch ein effektives, effizientes und zufriedenstellendes Interagieren. Nach dem Besuch der Vorlesung sind die Studierenden in der Lage, die ergonomische Qualität von verschiedenen Fahrzeugkonzepten zu analysieren und zu bewerten sowie Gestaltungsempfehlungen abzuleiten. Dabei können sie sowohl Aspekte der physikalisch-körperbezogenen als auch der kognitiven Ergonomie berücksichtigen. Die Studierenden sind mit grundlegenden ergonomischen Methoden, Theorien und Konzepten sowie mit Theorien der menschlichen Informationsverarbeitung, speziell des Fahrerverhaltens, vertraut. Sie sind in der Lage, dieses Wissen kritisch zu diskutieren und im Rahmen des nutzerorientierten Gestaltungsprozesses flexibel anzuwenden.

# Fahrzeugmechatronik I

(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im WS)

## 0. Einführung: Mechatronik in der Fahrzeugtechnik

### 1. Fahrzeugregelungssysteme

- 1.1 Brems- und Traktionsregelungen (ABS, ASR, autom. Sperren)
- 1.2 Aktive und semiaktive Federungssysteme, aktive Stabilisatoren
- 1.3 Fahrdynamik-Regelungen, Assistenzsysteme

### 2. Modellbildung

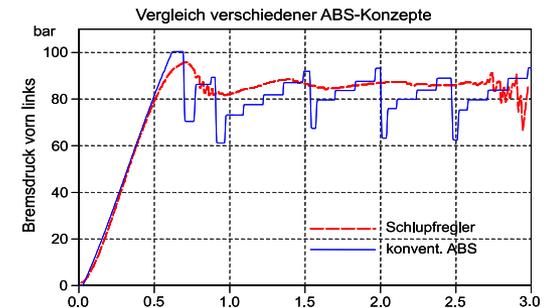
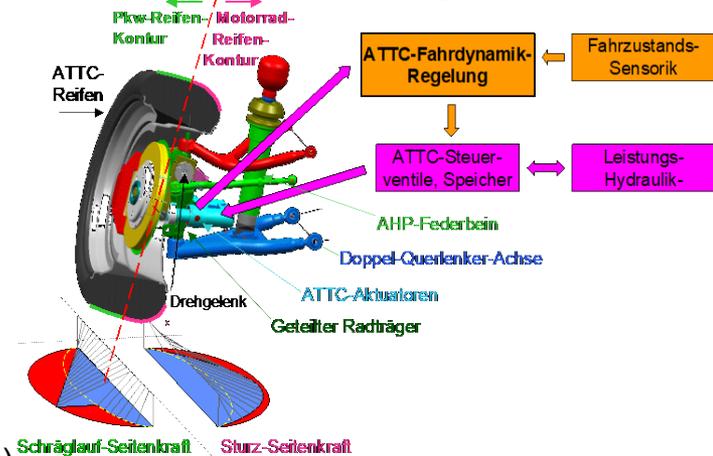
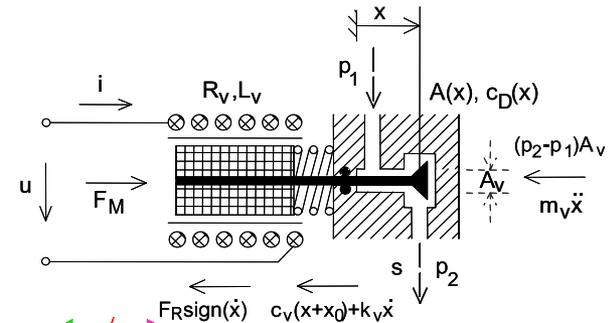
- 2.1 Mechanik - Mehrkörperdynamik
- 2.2 Elektrik/Elektronik, Regelungen
- 2.3 Hydraulik
- 2.4 Verbundsysteme

### 3. Simulationstechnik

- 3.1 Integrationsverfahren
- 3.2 Qualität (Verifikation, Betriebsbereich, Genauigkeit, Performance)
- 3.3 Simulator-Kopplungen (Hardware-in-the-loop, Software-in-the-loop)

### 4. Systemdesign (am Beispiel einer Bremsregelung)

- 4.1 Anforderungen (Funktion, Sicherheit, Robustheit)
- 4.2 Problemkonstitution (Analyse - Modellierung - Modellreduktion)
- 4.3 Lösungsansätze
- 4.4 Bewertung (Qualität, Effizienz, Gültigkeitsbereich, Machbarkeit)



# Fahrzeugsehen

(Ergänzungsfach 6 LP, 2 SWS im SS)

Einführung in die Techniken zur Umgebungswahrnehmung für autonome Fahrzeuge und Fahrerassistenzfunktionen

## Vorlesungsthemen

- Sensoren für mobile Systeme
- Stereosehen
- Bewegungsbestimmung
- Fahrzeuglokalisierung
- Kartengenerierung
- Detektion von Fahrspuren und Verkehrsteilnehmern



# Grundlagen der Fahrzeugtechnik II

(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)

## Ziel

Die Grundfunktionen der Komponenten, die für den Kontakt Fahrzeug – Fahrbahn erforderlich sind, kennen und verstehen.

### ■ Fahrwerk

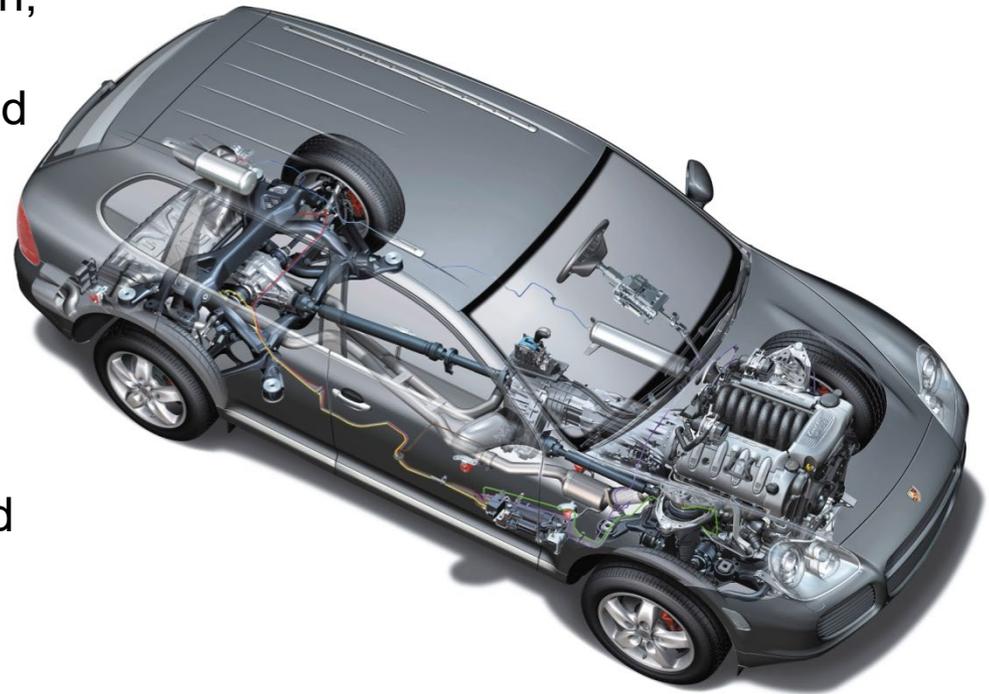
Radaufhängungen, Räder und Reifen, ...

### ■ Lenkung

Lenkung von Einzelfahrzeugen und Anhängern, Steer by Wire, ...

### ■ Bremsen

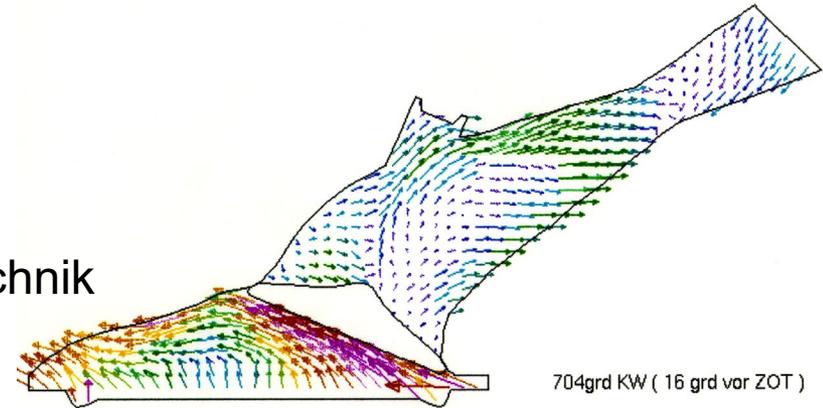
Scheibenbremse, Trommelbremse, Retarder, Brake by Wire, ...



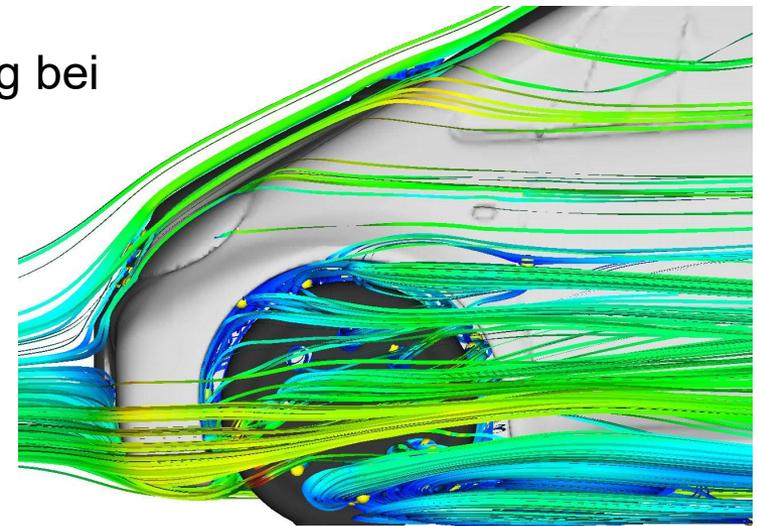
# Industrieaerodynamik

(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im WS)

- 1 Der Fahrzeugentwicklungsprozess
- 2 Industriell eingesetzte Strömungsmesstechnik
- 3 Strömungssimulation in der Industrie
- 4 Kühlung
- 5 Strömung, Gemischbildung und Verbrennung bei direkteinspritzenden Dieselmotoren
- 6 Strömung, Gemischbildung und Verbrennung bei Ottomotoren
- 7 Fahrzeugumströmung
- 8 Klimatisierung/Thermischer Komfort



Auftreten einer heftigen Ausströmung aus dem Quetschspalt im Brennraum eines Ottomotors

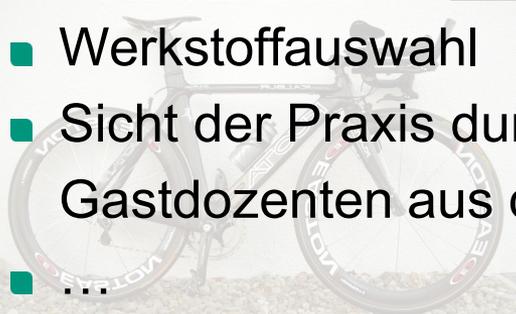


Stromlinien und kritische Punkte bei A-Klasse

- **Vermittlung** von ...
  - **Grundlagen des Leichtbaus**
  - **klassischen** sowie **modernen konstruktiven Leichtbaumethoden**
- **Inhalt**

- Allgemeine Aspekte des Leichtbaus
- Leichtbaustrategien und Bauweisen
- Gestaltungsprinzipien
- Numerische Werkzeuge
- Bionik
- Werkstoffauswahl
- Sicht der Praxis durch Gastdozenten aus der Industrie

■ ...



# Moderne Regelungskonzepte I

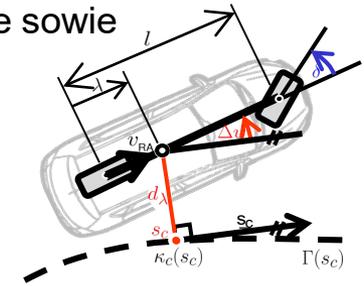
## (Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)

### Ziel:

- lineare Systeme hinsichtlich vieler Eigenschaften analysieren,
- lineare Regelungen mit Vorsteuerung sowohl im Zeit- als auch Frequenzbereich entwerfen und dabei Stellbegrenzungen, Totzeiten, nicht messbare Zustände sowie Verkopplungen berücksichtigen,
- Matlab für Simulation, Analyse und Synthese zur numerischen und computeralgebraischen Lösung einsetzen und
- Regelungen softwaretechnisch umsetzen

### Inhalt:

1. Einführung (Abgrenzung, Übersichten, Modellvereinfachung)
2. Simulation und Analyse dynamischer Systeme mit Matlab
3. Linearisierung (Ruhelagenmannigfaltigkeit, Kleine-Delta-Methode, Hartman-Grobman-Theorem, Entwurfsmethodik für lineare Festwertregler)
4. Konzept der Zwei-Freiheitsgrade-Regelungen (Struktur, Sollsignaldesign)
5. PID-Regler (praktische Realisierung, Design-Tipps, Anti-Windup-Techniken, Smith-Prädiktor, Umschalttechniken, Komplexbeispiel)
6. Mehrgrößenregelungen und erweiterte Regelkreisstrukturen
7. Zustandsraum (geometrische Sicht, Rolle der Nullstellen)
8. Folgeregler mit Zustandsrückführung und Integratorerweiterung
9. Beobachter (LQG-Entwurf, Störgrößenbeobachter, reduzierte Beobachter)
10. Grenzen von Regelungen (Existenzfrage, Zeit- und Frequenzbereichsgrenzen)



$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} d_\lambda \\ \Delta\psi \\ s_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\lambda}{l} \tan \delta \cos \Delta\psi + \sin \Delta\psi \\ \frac{\tan \delta}{l} \left( 1 + \lambda \kappa_c \frac{\sin \Delta\psi}{1 - d_\lambda \kappa_c} \right) - \kappa_c \frac{\cos \Delta\psi}{1 - d_\lambda \kappa_c} \\ \frac{1}{1 - d_\lambda \kappa_c} \left( \cos \Delta\psi - \frac{\lambda}{l} \tan \delta \sin \Delta\psi \right) \end{pmatrix} v_{RA}$$

$y = d_\lambda$

# Rechnergestützte Dynamik

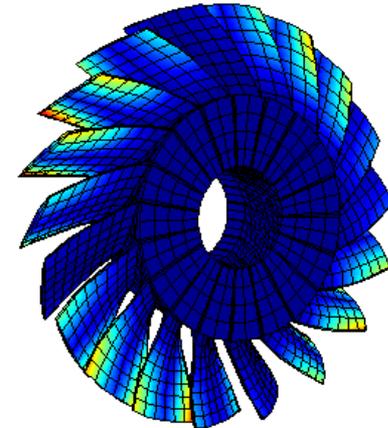
(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)

Numerische Berechnung in der Strukturdynamik:

- Kenntnis der Berechnungsmethoden
- Sicherheit in der Anwendung der Verfahren

Inhalte:

- Grundlagen der Elastokinetik
- Schwingungsdifferentialgleichungen für Strukturelemente
- Numerische Lösung der Bewegungsgleichungen
- Algorithmen
- Stabilitätsanalysen

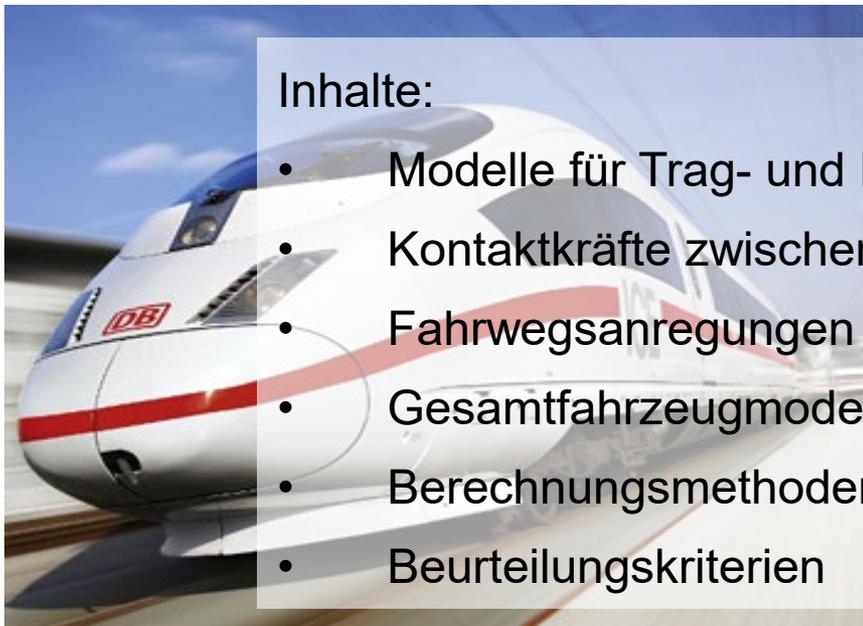


# Rechnergestützte Fahrzeugdynamik

(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)

Ziele:

- Modellbildung & Simulation für Schienen-/Straßenfahrzeuge
- Dynamik des Systems Fahrzeug-Fahrweg
- Modularisierung der Fahrzeugteilsysteme



# Rechnergestützte Mehrkörperdynamik

(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)

## Ziel

mit Hilfe von Computerprogrammen **die räumliche Bewegung eines Körpers und von Mehrkörpersystemen** zu verstehen. Durch Verlagerung der rechenintensiven Schritte bei der Beschreibung der Kinematik und der Herleitung der Bewegungsgleichungen auf den Rechner, wird es möglich, sich auf die 'dahintersteckende Mechanik' zu konzentrieren. Am Ende der Vorlesung sollte verstanden werden, welche **Prinzipien** bei kommerziellen Computerprogrammen die Grundlage **zur Herleitung der Gleichungen und der numerischen Integration der Bewegungsgleichungen** sind.

## Inhalt

- Beschreibung der Orientierung eines starren Körpers
- Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung
- Ableitung in verschiedenen Koordinatensystemen, Ableitungen von Vektoren
- Holonome und nichtholonome Zwangsbedingungen
- Prinzip von d'Alembert und Prinzip der virtuellen Leistung
- Lagrangesche Gleichungen und Kaneschen Gleichungen
- Struktur der Bewegungsgleichungen
- Grundlagen der numerischen Integration

# Verhaltensgenerierung für Fahrzeuge

**(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)**

Aktuelle Methoden zur Planung und Regelung von Fahrzeugtrajektorien

## Inhalt

- + Längs- und Querdynamik
- + Wurzelortskurvenverfahren
- + Kaskadenregelung
- + Fahrwerkstabilisierung (ABS, ASR, ESP)
- + Längsführung (ACC, Notbremsung, ...)
- + Querführung (Spurhalten, Ausweichen, ...)
- + Fahrsicherheit, -komfort, -effizienz
- + Trajektorienplanung, -regelung
- + Autonomes Fahren



(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im WS)

- Einführung in **Wellenausbreitungsvorgänge der Mechanik** . Wellen in eindimensionalen Kontinua (Saite, Balken, Stäbe) , Wellen in mehrdimensionalen Kontinua. Anfangswertprobleme, grundlegende Begriffe wie Wellenausbreitungsgeschwindigkeit, Gruppengeschwindigkeit oder Dispersion. Physikalische Grenzen von Strukturmodellen (z.B. Balkenmodellen), Oberflächenwellen und Schallwellen.
- Wellenausbreitung in Saiten und Stäben, d'Alembertsche Lösung
- Anfangswertproblem, Randbedingungen, Zwangserregung am Rande
- Energietransport, Wellenausbreitung in Balken, Euler-Bernoulli-Balken Gruppengeschwindigkeit, Balken mit unstetigem Querschnitt, Reflexion und Transmission, Timoshenko-Balken
- Wellenausbreitung in Membran und Platten
- Schallwellen, Reflexion und Brechung, Kugelwellen
- s- und p-Wellen in elastischen Körpern, Reflexion und Transmission an Grenzflächen
- Oberflächenwellen

# Python Algorithmen für Fahrzeugtechnik

(Ergänzungsfach 4 LP, 2 SWS im SS)

## Inhalte

- Einführung in Python und nützliche Tools und Bibliotheken zur Algorithmenerstellung, grafischen Darstellung, Optimierung, symbolischen Rechnen und Maschinellem Lernen
- Methoden und Tools zur Erstellung von Software
- Praktische Programmierprojekte

## Ziel

Die Studierenden haben einen Überblick über die Programmiersprache Python und wichtige Python Bibliotheken um fahrzeugtechnische Fragestellungen durch Computerprogramme zu lösen. Sie kennen aktuelle Tools rund um Python um Algorithmen zu erstellen, anzuwenden und deren Ergebnisse zu interpretieren und zu visualisieren.

# Wenn Sie Fragen haben ...

**... wenden Sie sich bitte an**

Prof. Dr. rer. nat. Frank Gauterin  
Institut für Fahrzeugsystemtechnik  
Campus Ost, Rintheimer Querallee 2, Raum 224, 76131 Karlsruhe  
Telefon: +49 721 608 42370, Fax: +49 721 608 44146  
E-Mail: [frank.gauterin@kit.edu](mailto:frank.gauterin@kit.edu)  
<http://www.fast.kit.edu>

Dr.-Ing. Hans-Joachim Unrau  
Institut für Fahrzeugsystemtechnik  
Campus Süd, Kaiserstrasse 12, Gebäude 10.96, 76131 Karlsruhe  
Telefon: +49 721 608 43795, Fax: +49 721 608 46228  
E-Mail: [Hans-Joachim.Unrau@kit.edu](mailto:Hans-Joachim.Unrau@kit.edu)  
<http://www.fast.kit.edu>