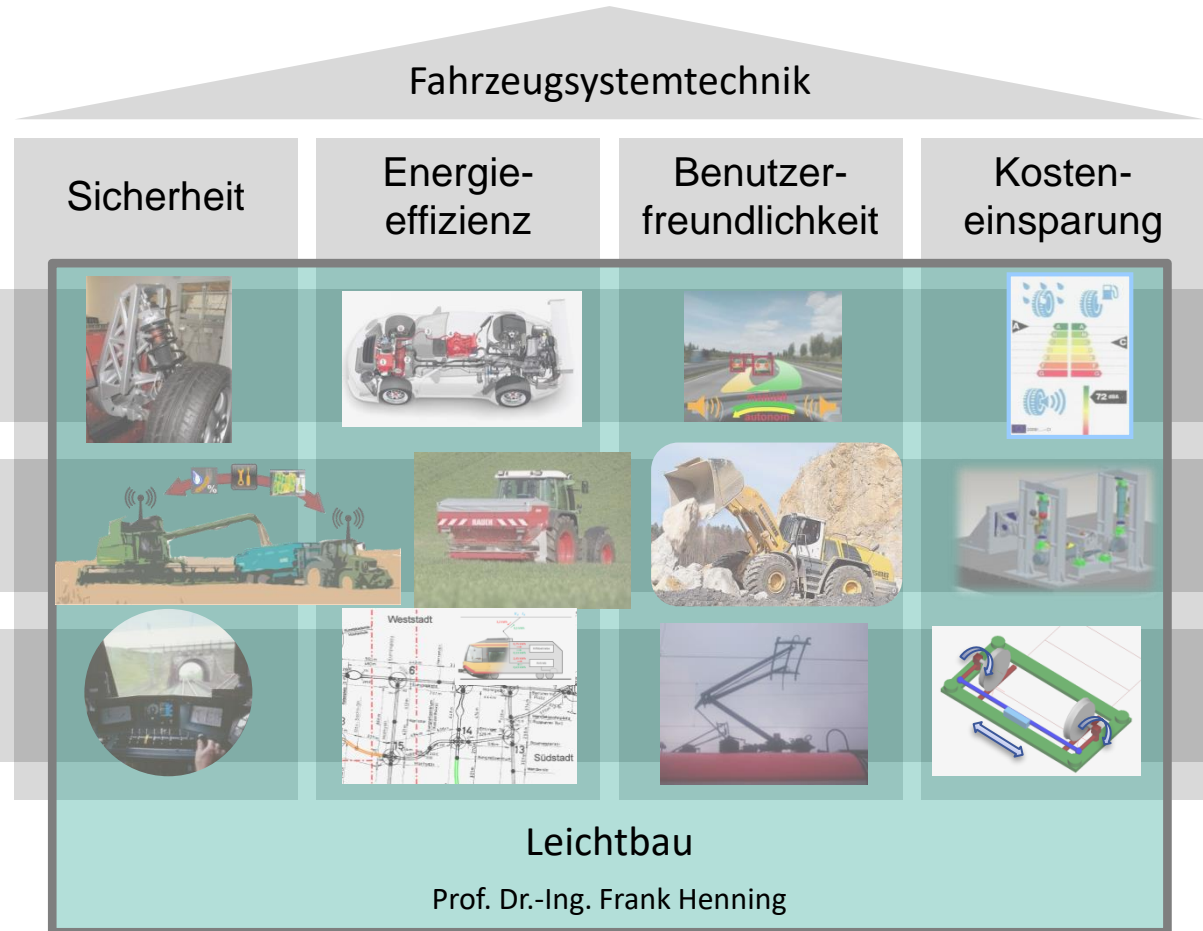


Schwerpunkt 25: Leichtbau

■ Prof. Dr.-Ing. Frank Henning

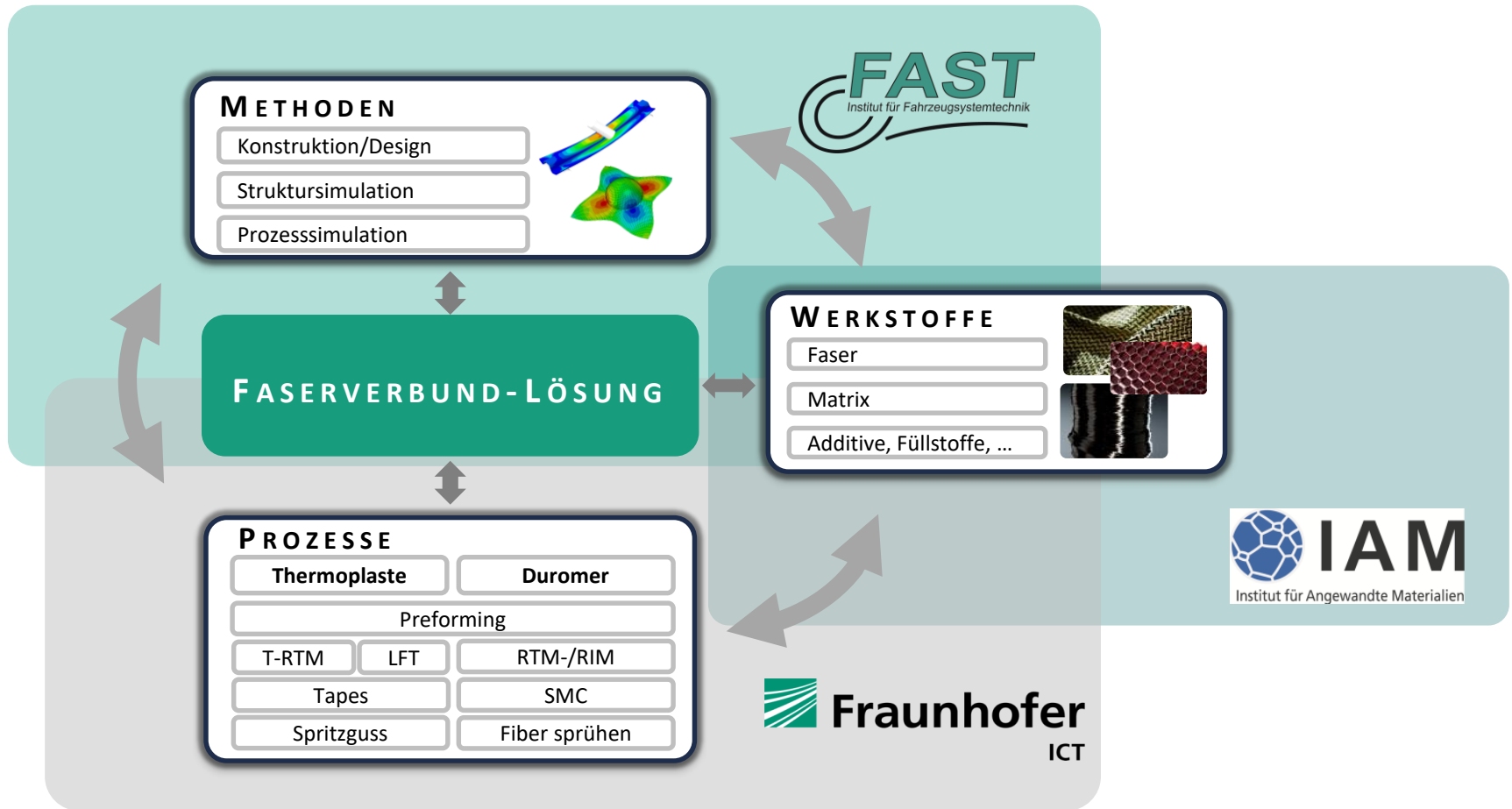
Institut Fahrzeugsystemtechnik (FAST), Leichtbautechnologie





Faserverbund - Leichtbau

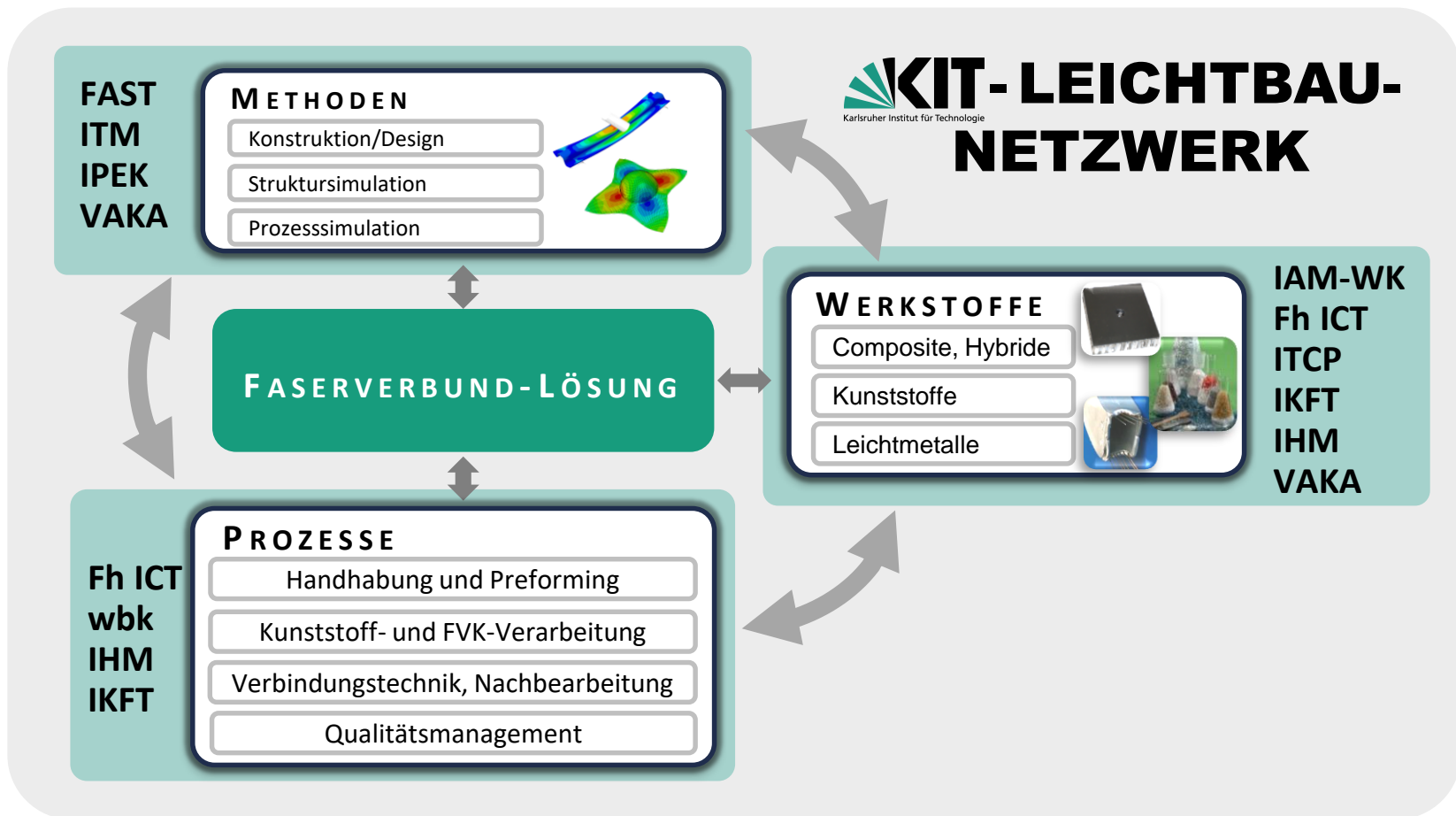
Verzahnung von Methoden - Werkstoffen - Prozessen



Zur Entwicklung großserienfähiger, leichter und leistungsfähiger Faserverbund-Bauteile sowie hybrider Bauteile ist es essentiell, Kompetenzen aus den Bereichen **M**ethoden, **W**erkstoffe und **P**roduktion (MWP-Ansatz) zu bündeln und zu vernetzen.

Faserverbund - Leichtbau

Verzahnung von Methoden - Werkstoffen - Prozessen



Zur Entwicklung großserienfähiger, leichter und leistungsfähiger Faserverbund-Bauteile sowie hybrider Bauteile ist es essentiell, Kompetenzen aus den Bereichen **M**ethoden, **W**erkstoffe und **P**roduktion (MWP-Ansatz) zu bündeln und zu vernetzen.

- **Leichtbau** ist die Umsetzung einer Entwicklungsstrategie, die darauf ausgerichtet ist, unter vorgegebenen Randbedingungen die geforderte Funktion durch ein System minimaler Masse zu realisieren.
 - **Leichtbaubestrebungen lassen sich daher immer als Optimierungsproblem ausdrücken**, das durch geeignete Maßnahmen möglichst effizient gelöst werden muss.
- **Hybrider Leichtbau** / Mischbauweise wird als die Karosseriebauweise der Zukunft gesehen und stellt erweiterte Anforderungen an Herstellprozesse und Methoden. **Das Optimierungsproblem wird durch Hybridisierungsbestrebungen um weitere Parameter erweitert.**



Multimaterial-Space-Frame
Audi Crosslane Coupé
[Quelle: lightweightdesign]

Übersicht zum SP „Leichtbau“ Pflichtfächer

VNr	LV-Rolle	Titel der Veranstaltung	Dozent	Institut	SWS	LP	Semester
T-MACH-105237	Kernpflicht	Einführung in den Fahrzeugleichtbau	Henning	FAST	2	4	WS
T-MACH-105535	Kernpflicht	Faserverbunde für den Leichtbau	Henning	FAST	2	4	SS

- Grundlagen zum Thema Fahrzeugleichtbau
- Inhalte aus den Bereichen Methoden, Werkstoffe und Produktion

Folgende Schwerpunkte empfehlen wir zur Kombination mit dem SP 25 „Leichtbau“:

Mit Fokus auf Methoden:

- SP 30 Angewandte Mechanik (Böhlke)
- SP 56 Advanced Materials Modeling (Böhlke)
- SP 41 Strömungsmechanik (Frohnappel)

Mit Fokus auf Werkstoffe:

- SP 36 Polymer Engineering (Elsner)
- SP 26 Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Heilmaier)

Mit Fokus auf Produktion:

- SP 39 Produktionstechnik (Schulze)

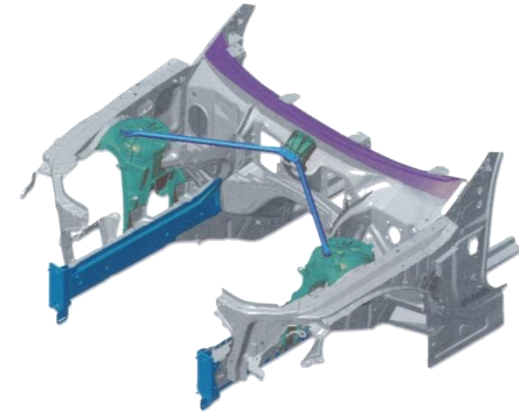
Pflichtfach 1

Einführung in den Fahrzeugleichtbau

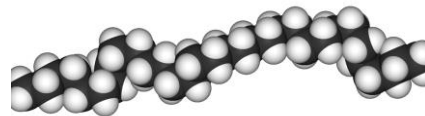
Einführung in die Thematik des automobilen Leichtbaus.
Kennenlernen der gängigen Leichtbaustrategien und –bauweisen sowie der verwendbaren Leichtbauwerkstoffe

Inhalte

- **Leichtbaustrategien und –bauweisen**
 - Stoff-, Form-, Konzeptleichtbau, Multi-Material-Design
 - Differential-, Integral-, Modulbauweise, Bionik
- **Metallische Leichtbauwerkstoffe**
 - Stahl, Aluminium, Magnesium, Titan
- **Grundlagen der Kunststoffe**
 - Thermoplaste, Duromere, Elastomere
 - Mechanisches Verhalten, Versagensmechanismen
 - Verarbeitungsverfahren



Quelle: BMW AG. ATZ, 2003



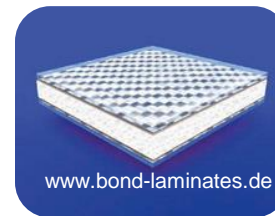
Pflichtfach 2

Faserverbunde für den Leichtbau

- Vermittlung grundlegender Kenntnisse aus dem spannenden Gebiet des Leichtbaus mit Faserverbundwerkstoffen (FVW)

Inhalte

- Grundlagen Polymere und Fasern
- Faserverbundwerkstoffhalbzeuge
- Verarbeitung, Nachbearbeitung und Fügen von FVW
- Gestaltungsrichtlinien für FVW



Vorstellung der Ergänzungsfächer Methoden

Folgende Veranstaltungen empfehlen wir für einen Fokus auf Berechnungs- und Simulationsmethoden:

VNr	Titel der Veranstaltung	LP	Dozent
T-MACH-105970	Strukturberechnung von Faserverbundlaminaten	4 LP	Kärger
T-MACH-105971	Simulation der Prozesskette kontinuierlich verstärkter Faserverbundbauteile	4 LP	Kärger
T-MACH-110954	Leichtbau mit Faser-Verbund-Kunststoffen – Theorie und Praxis	4 LP	Liebig, Kärger
T-MACH-105221	Konstruktiver Leichtbau	4 LP	Albers, Spadinger

Alternativen:

T-MACH-105212	CAE-Workshop	4 LP	Albers, Matthiesen
T-MACH-108721	Dimensionierung mit Verbundwerkstoffen	4 LP	Schnack
T-MACH-108717	Mechanik laminiertes Komposite	4 LP	Schnack
T-MACH-105320	Einführung in die Finite-Elemente-Methode	4 LP	Böhlke, Langhoff
T-MACH-110377	Kontinuumsmechanik der Festkörper und Fluide	4 LP	Böhlke, Frohnapfel
T-MACH-110333	Übungen zu Kontinuumsmechanik der Festkörper und Fluide	1 LP	Böhlke, Frohnapfel
T-MACH-110330	Übungen zu Einführung in die Finite-Elemente-Methode	1 LP	Böhlke, Langhoff

Strukturberechnung von Faserverbundlaminaten

Vorlesung & Übung

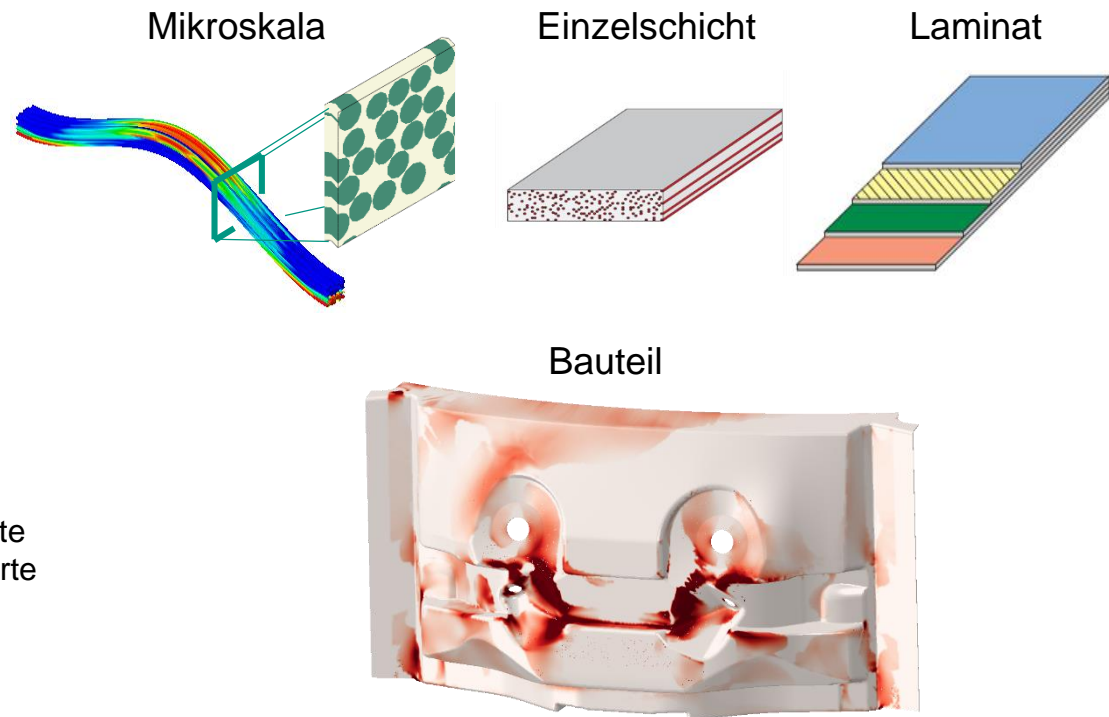
Dozentin: Dr.-Ing. Luise Kärger (FAST) | Termin: Montags 9:45 - 11:15 (WS)

Im Fahrzeugbau kommen zunehmend Leichtbauwerkstoffe wie Faserverbundkunststoffe (FVK) zum Einsatz. Die Lehrveranstaltung widmet sich der Berechnung des Material- und Strukturverhaltens von FVK-Bauteilen. Die Studierenden lernen, die mechanischen Zusammenhänge zwischen Faser-Matrix-Gefüge und makroskopischem Materialverhalten zu verstehen. Sie können die Spannungs-Verzerrungs- sowie die Schnittkraft-Verzerrungs-Beziehung der Einzelschicht und des Mehrschichtlaminats durch Ansätze einfacher und höherer Ordnung mathematisch beschreiben. Sie kennen Versagenskriterien und Ansätze zur Beschreibung des Schädigungsfortschritts und können sie richtig interpretieren und anwenden. Die Studierenden lernen zudem einfache Auslegungsverfahren zur Dimensionierung von FVK-Bauteilen..

Inhalte

- Mikromechanik und Homogenisierung des Faser-Matrix-Verbundes
- Makromechanisches Verhalten der Einzelschicht
- Verhalten des Mehrschichtverbunds
- FE-Formulierungen
- Versagenskriterien
- Schädigungsanalyse
- Auslegung von FVK-Bauteilen

Neben Vorlesungen sind auch Übungen in die Lehrveranstaltung integriert, grundlagenorientierte analytische Übungen sowie anwendungsorientierte Übungen mit der FE-Software Abaqus



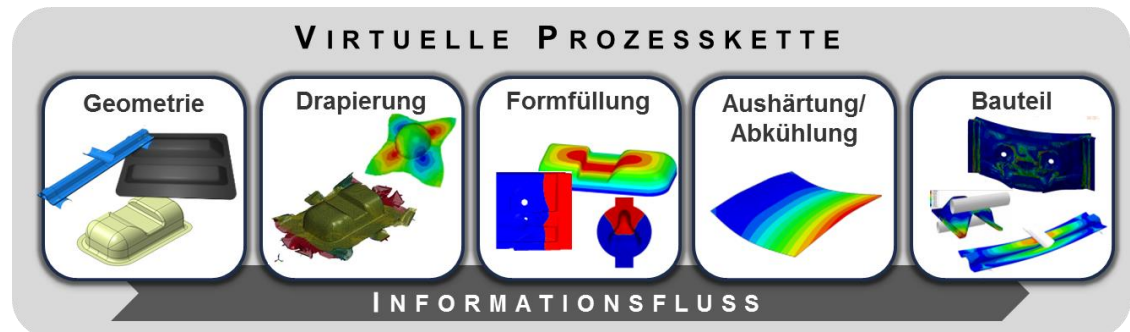
Simulation der Prozesskette kontinuierlich verstärkter Faserverbundbauteile (Vorlesung & Übung)

Dozentin: Dr.-Ing. Luise Kärgler (FAST) | Termin: Montags 9:45 - 11:15 (SS)

Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit Simulationsmethoden zur Berechnung von Faserverbundbauteilen von der Fertigung bis zum Einsatz und vermittelt das dafür nötige Werkstoff- und Prozessverständnis. Das Werkstoffverhalten der Faserverbunde wird maßgeblich durch die Faserstruktur vorgegeben. Diese muss in der Einzelschicht und im Mehrschichtverbund geeignet modelliert werden, um das Verformungs- und Schädigungsverhalten von FVK-Bauteilen zuverlässig vorhersagen zu können. Bei gekrümmten Bauteilen entsteht die Faserstruktur erst im Herstellprozess, konkret bei der Umformung (Drapierung) der zweidimensionalen Halbzeuge in eine dreidimensionale Struktur (Preform). Hinzu kommt der Formfüllprozess, in dem die Preform mit einem reaktiven Harzsystem infiltriert wird, sowie der Aushärteprozess, der zu Verzug und Eigenspannungen führen kann. Neben der Simulation des Strukturverhaltens ist somit die Prozesssimulation ein wesentlicher Baustein für die ganzheitliche Entwicklung von Faserverbundbauteilen.

Inhalte

- Virtuelle Prozesskette (CAE-Kette)
- Drapiersimulation: Drapierverhalten der Halbzeuge, Drapierprozess, kinematische Drapiersimulation, FE-Drapiersimulation
- Formfüllsimulation: Grundlagen der Strömungsmechanik, Viskosität und Permeabilität, Formfüllsimulation in der CAE-Kette
- Aushärtésimulation und Verzug: Vernetzungsreaktion, Harzkinetik, Thermomechanik, Eigenspannungen, Bauteilverzug
- Struktursimulation: Modellierung des Mehrschichtverbundes, Einfluss von Fertigungseffekten auf das Bauteilverhalten



Neben Vorlesungen sind auch Übungen in die Lehrveranstaltung integriert, grundlagenorientierte analytische Übungen sowie anwendungsorientierte Übungen mit der FE-Software Abaqus

Leichtbau mit Faser-Verbund-Kunststoffen – Theorie und Praxis

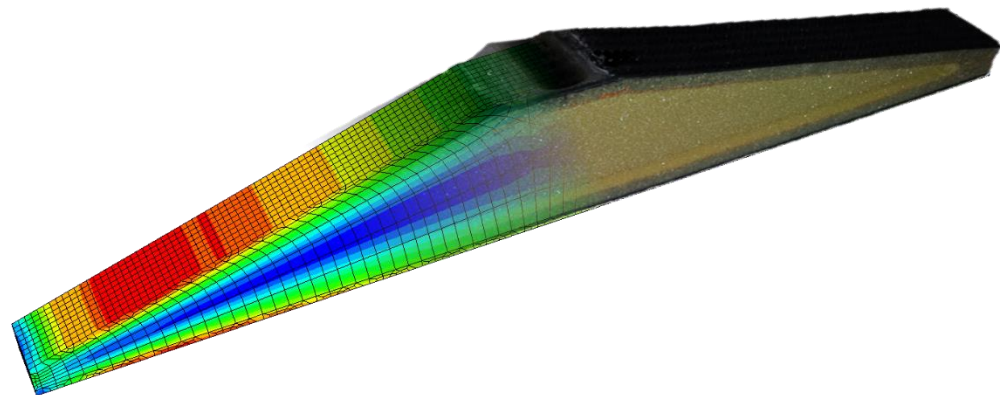
Dozenten: Dr.-Ing. Wilfried Liebig (IAM-WK) und Dr.-Ing. Luise Kärger (FAST-LBT)

Termin: Mittwochs 14:00 - 17:00 (WS)

Ein gemeinsames Lehrkonzept des FAST-LBT und IAM-WK bringt den Studierenden Theorie und Praxis in Bezug auf Leichtbau mit Faserverbundkunststoffen näher. Die Studierenden werden in kleinen Gruppen (max. 4 P.) mit einer Ingenieuraufgabe im Leichtbaukontext konfrontiert, z.B. der Auslegung eines möglichst tragfähigen Biegebalkens mit Bauraum- und Gewichtsbeschränkung. Zur Lösung des Problems werden verschiedene Materialien (Fasern, Harze, Schäume, etc.) und die notwendigen Materialdaten zur Verfügung gestellt, welche beliebig kombiniert werden können. Durch eine einführende Grundlagenvermittlung der Mechanik von Faser-Verbund-Kunststoffen und entsprechender Simulationstechniken entwickeln die Studierenden zunächst theoretische Lösungen, welche sie simulativ verifizieren. Anschließend werden die Lösungen in den Werkstätten des IAM-WK umgesetzt, die Faserverbundbauteile gefertigt und an den Prüfständen getestet. Die Studierenden erlangen fundiertes Wissen im Bereich der Faser-Verbund-Kunststoffe (Materialien, Fertigung, Fertigungseffekte, Restriktionen, etc.), der Struktursimulation (Modellaufbau, Vereinfachungen, Annahmen, Materialmodelle, etc.) sowie der Materialcharakterisierung und -prüfung. Aufbauend auf den einführenden Grundlagenveranstaltungen wird das Wissen größtenteils selbstständig, anhand von realen und praxisnahen Problemstellungen erarbeitet.

Inhalte

- Grundlagen Leichtbaustrategien
- Grundlagen Faser-Verbund-Kunststoffe
- Grundlagen FEM-Simulation mit nicht-isotropen Multimaterialsystemen
- Simulative Bauteilbetrachtung
- Fertigung von Faser-Verbund-Kunststoffen
- Mechanische Prüfung



- **Vermittlung** von
 - **Grundlagen des Leichtbaus**
 - **klassische** und **moderne konstruktive Leichtbaumethoden**

- Allgemeine Aspekte des Leichtbaus
- Leichtbaustrategien und -konstruktion
- Gestaltungsprinzipien
- Versteifungsmethoden
- Leichtbaumaterialien
- Virtuelle Produktentwicklung
- Bionik
- Validierung
- Recycling
- Sicht der Praxis (Industrie-Gastdozenten)



Vorstellung der Ergänzungsfächer Werkstoffe

Folgende Veranstaltungen empfehlen wir für einen Fokus auf Werkstoffkunde:

VNr	Titel der Veranstaltung	LP	Dozent
T-MACH-105211	Werkstoffe für den Leichtbau	4 LP	Elsner, Liebig
T-MACH-102137	Polymerengineering I	4 LP	Elsner, Liebig
T-MACH-110954	Leichtbau mit Faser-Verbund-Kunststoffen – Theorie und Praxis	4 LP	Liebig, Kärger
T-MACH-110937	Werkstoffrecycling und Nachhaltigkeit (ab WS 20/21)	4 LP	Hüther, Liebig

Alternativen:

T-MACH-105330	Konstruieren mit Polymerwerkstoffen	4 LP	Liedel
T-MACH-102139	Versagensverhalten von Konstruktionswerkstoffen: Ermüdung und Kriechen	4 LP	Gruber, Gumbsch
T-MACH-102140	Versagensverhalten von Konstruktionswerkstoffen: Verformung und Bruch	4 LP	Gumbsch, Weygand
5502 + 5503	Einführung in die Rheologie + Praktikum Rheologie (ab WS 20/21)	3+3 LP	Wilhelm

Vorlesung: Werkstoffe für den Leichtbau

Dozent: Dr.-Ing. W. Liebig (IAM-WK)

Lehrveranstaltung im Sommersemester
(2 SWS, 4 ECTS)

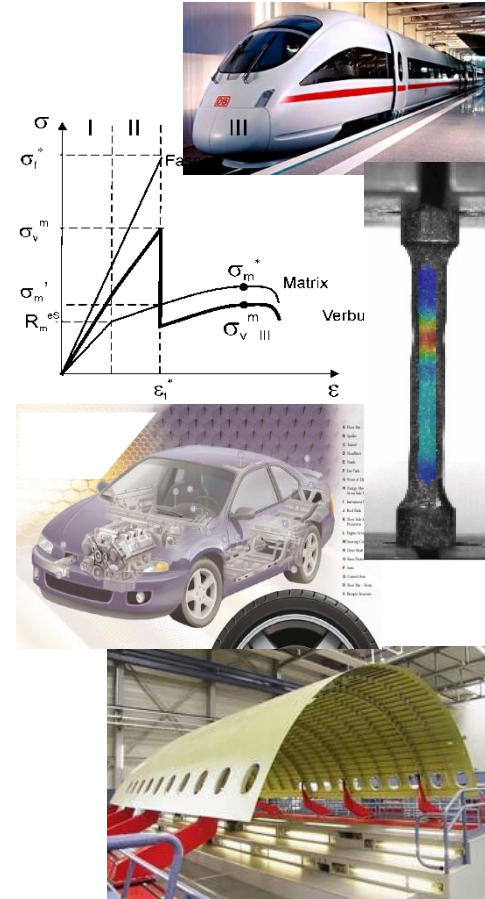
Ziele und Inhalt:

Die Reduktion des Gewichtes von tragenden Strukturen in verschiedensten Anwendungen, z.B. im Automobil- und Flugzeugbau, ist heute mit die wichtigste Triebfeder für innovative Werkstoffentwicklungen. Ziel dieser Vorlesung ist daher die Vermittlung von vertieften Kenntnissen über die Werkstoffkunde des Leichtbaus.

Nach einer kurzen allgemeinen Einführung in die Thematik des Werkstoffleichtbaus werden im Rahmen der Vorlesung Aufbau, mechanische Eigenschaften und Anwendungen metallischer Leichtbauwerkstoffe sowie von Polymerverbundwerkstoffen detailliert betrachtet. Fallbeispiele zu aktuellen Fragestellungen aus der industriellen Praxis runden die Lehrveranstaltung ab.

Vorlesungstermin (SS):

Di. 8:00 – 9:30 Uhr, Geb. 10.91, Redtenbacher Hörsaal



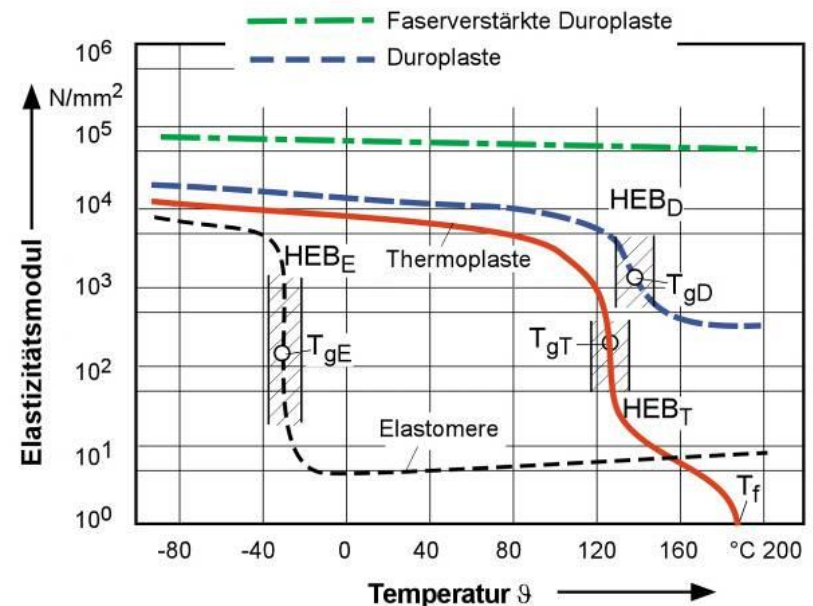
Polymerengineering I + II

Ziel

Das Polymer-Engineering schließt die Synthese, Werkstoffkunde, Verarbeitung, Konstruktion, Design, Werkzeugtechnik, Fertigungstechnik, Oberflächentechnik sowie die Wiederverwertung ein. Ziel ist es, Wissen und Fähigkeiten zu vermitteln, den Werkstoff „Polymer“ anforderungsgerecht, ökonomisch und ökologisch einzusetzen.

Teil I (WS):

1. Wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe
2. Einführung in mechanische, chemische und elektrische Eigenschaften
3. Überblick der Verarbeitungsverfahren
4. Werkstoffkunde der Kunststoffe
5. Synthese



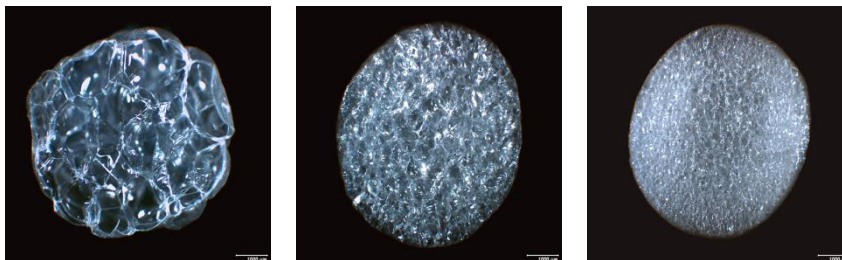
Polymerengineering I + II

Teil II (SS):

1. Verarbeitungsverfahren von Polymeren
2. Bauteileigenschaften

Anhand von praktischen Beispielen und Bauteilen

- 2.1 Werkstoffauswahl
- 2.2 Bauteilgestaltung, Design
- 2.3 Werkzeugtechnik
- 2.4 Verarbeitungs- und Fertigungstechnik
- 2.5 Oberflächentechnik
- 2.6 Nachhaltigkeit, Recycling



Schaumstoffpartikel



Labor-Spritzgussanlage

Vorstellung der Ergänzungsfächer Produktion

Folgende Veranstaltungen empfehlen wir für einen Fokus auf Produktionstechnik:

VNr	Titel der Veranstaltung	LP	Dozent
T-MACH-108844	Automatisierte Produktionsanlagen	8 LP	Fleischer
T-MACH-110954	Leichtbau mit Faser-Verbund-Kunststoffen – Theorie und Praxis	4 LP	Liebig, Kärger

Alternativen:

T-MACH-105157	Gießereikunde	4 LP	Wilhelm
T-MACH-105164	Lasereinsatz im Automobilbau	4 LP	Schneider
T-MACH-108878	Praktikum Produktionsintegrierte Messtechnik	4 LP	Häfner
T-MACH-110318	Produkt- und Produktionskonzepte für moderne Automobile	4 LP	Kienzle, Stegmüller
T-MACH-105151	Energieeffiziente Intralogistiksysteme (mach und wiwi)	4 LP	Braun, Schönung

Leichtbau mit Faser-Verbund-Kunststoffen – Theorie und Praxis

Dozenten: Dr.-Ing. Wilfried Liebig (IAM-WK) und Dr.-Ing. Luise Kärger (FAST-LBT)

Termin: Mittwochs 14:00 - 17:00 (WS)

Ein gemeinsames Lehrkonzept des FAST-LBT und IAM-WK bringt den Studierenden Theorie und Praxis in Bezug auf Leichtbau mit Faserverbundkunststoffen näher. Die Studierenden werden in kleinen Gruppen (max. 4 P.) mit einer Ingenieuraufgabe im Leichtbaukontext konfrontiert, z.B. der Auslegung eines möglichst tragfähigen Biegebalkens mit Bauraum- und Gewichtsbeschränkung. Zur Lösung des Problems werden verschiedene Materialien (Fasern, Harze, Schäume, etc.) und die notwendigen Materialdaten zur Verfügung gestellt, welche beliebig kombiniert werden können. Durch eine einführende Grundlagenvermittlung der Mechanik von Faser-Verbund-Kunststoffen und entsprechender Simulationstechniken entwickeln die Studierenden zunächst theoretische Lösungen, welche sie simulativ verifizieren. Anschließend werden die Lösungen in den Werkstätten des IAM-WK umgesetzt, die Faserverbundbauteile gefertigt und an den Prüfständen getestet. Die Studierenden erlangen fundiertes Wissen im Bereich der Faser-Verbund-Kunststoffe (Materialien, Fertigung, Fertigungseffekte, Restriktionen, etc.), der Struktursimulation (Modellaufbau, Vereinfachungen, Annahmen, Materialmodelle, etc.) sowie der Materialcharakterisierung und -prüfung. Aufbauend auf den einführenden Grundlagenveranstaltungen wird das Wissen größtenteils selbstständig, anhand von realen und praxisnahen Problemstellungen erarbeitet.

Inhalte

- Grundlagen Leichtbaustrategien
- Grundlagen Faser-Verbund-Kunststoffe
- Grundlagen FEM-Simulation mit nicht-isotropen Multimaterialsystemen
- Simulative Bauteilbetrachtung
- Fertigung von Faser-Verbund-Kunststoffen
- Mechanische Prüfung

