

Computational Engineering

studieren an der TU Graz

Veranstalter: Graz Center of Computational Engineering
Vortragender: Prof. Thomas-Peter Fries

17.01.2019

Überblick Informationsveranstaltung

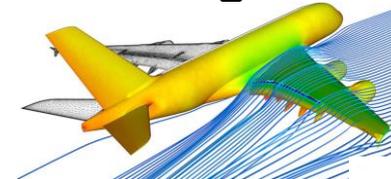
Computational Engineering studieren an der TU Graz

- Teil 1: Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering
 - Begriffsklärung: Was ist Comp. Eng.?
 - Anwendungsfelder: Wofür wird Comp. Eng. gebraucht?
 - Berufsbilder und Arbeitgeber: Wer setzt Comp. Eng. ein?
 - Das Graz Center of Computational Engineering (GCCE)
- Teil 2: Studienangebot an der TU Graz
 - Lehrveranstaltungen & Module
 - Masterarbeiten
 - Individuelles Masterstudium

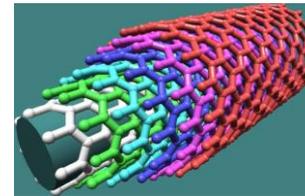
Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Begriffsklärung: Was ist Comp. Eng.?

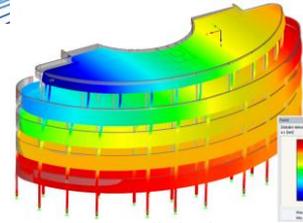
- Naturwissenschaft und Technik versuchen, die Realität zu verstehen und zu beschreiben.
- Typische Fragestellungen:
 - Wie strömt die Luft um ein Flugzeug?
 - Wie verformt sich ein Bauwerk?
 - Wie verteilen sich Schadstoffe in einem Gewässer?
 - Welche Eigenschaften hat ein neues Material?
 - Wie verteilt sich die Temperatur in einem Körper?
- Comp. Eng. ermöglicht es, Computer zur Untersuchung von ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fragestellungen einzusetzen.



www.helmholtz.de



www.jcrystal.com



www.dlupal.com

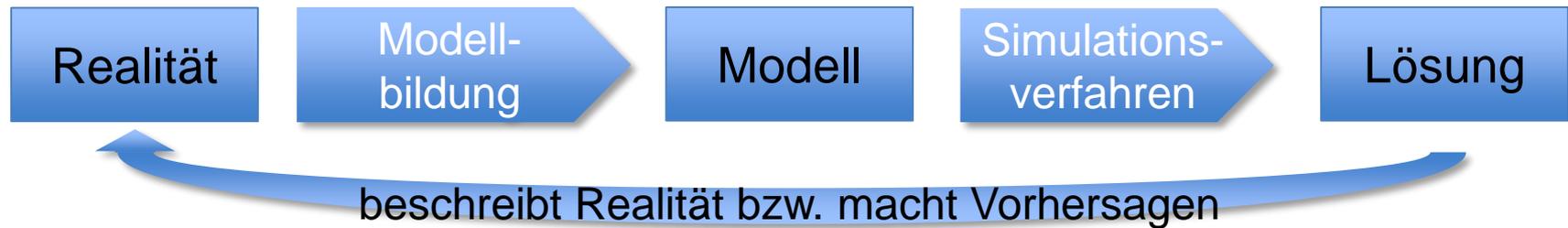


www.zamg.ac.at

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Begriffsklärung: Was ist Comp. Eng.?

- Lösungsansatz: Die Realität mit Modellen zu beschreiben und diese mit Hilfe des Computers zu lösen.

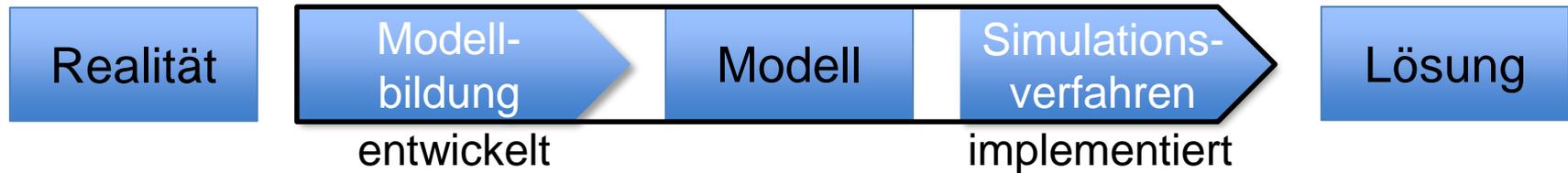


- Modelle sind zu komplex (Differentialgleichungen), um exakt gelöst zu werden. Daher werden Näherungslösungen mit Hilfe des Computers bestimmt. Deshalb „computational“ also „computergestützt“.

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Begriffsklärung: Was ist Comp. Eng.?

- Experte im Bereich Comp. Eng.:



- Anwender:



Lösung wird interpretiert und verarbeitet, z.B. Bemessung

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Begriffsklärung: Was ist Comp. Eng.?

- Comp. Eng. ist interdisziplinär

Angew. Mathematik
Numerik
Gleichungssysteme
Eigenwerte
Optimierung
Randwertprobleme

Mathematik

Informatik

Hochleistungsrechnen
Visualisierung & Grafik
Algorithmen & Datenstrukturen
Data Sciences

Computational
Engineering

Ingenieur-
wissenschaften:
Bauingenieurwesen
Maschinenbau
Elektrotechnik

Physik

Thermodynamik
Erhaltungssätze
Materialwissenschaften

Strukturmechanik
Strömungsmechanik
Materialmodellierung
Elektromagnetismus

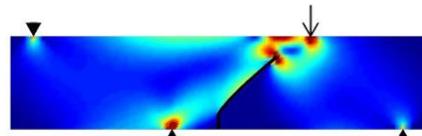
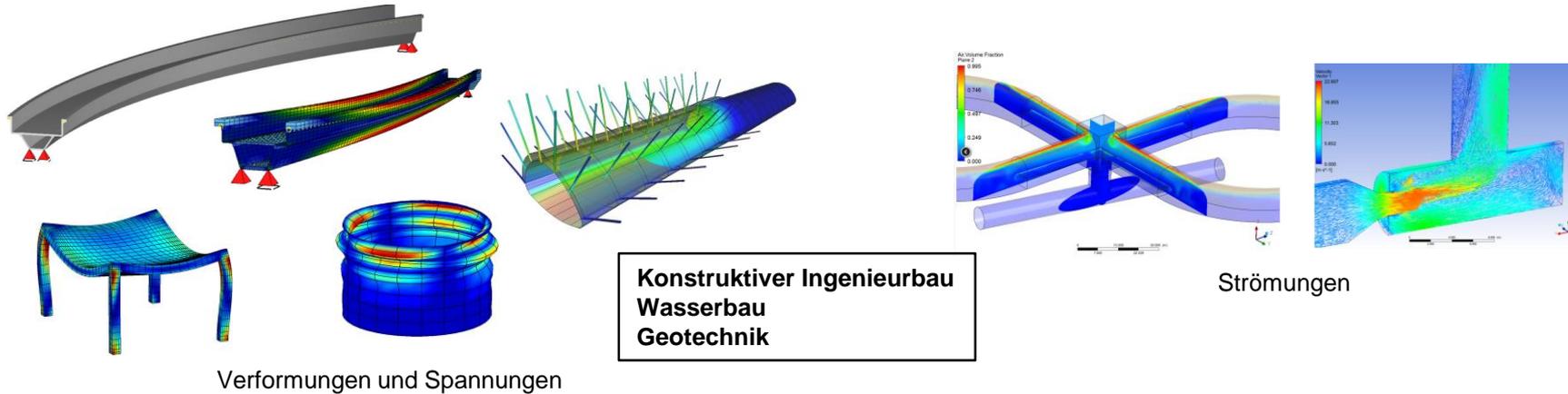
Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Begriffsklärung: Was ist Comp. Eng.?

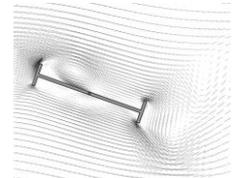
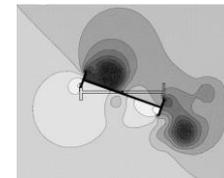
- Säulen der Wissenschaft bzw. Erkenntnisgewinnung:
 - Experiment
 - Theorie
 - **Computational Sciences and Engineering**
- Übersetzungsversuche für Comp. Eng.:
 - Computergestützte Modellierung und Simulation in der Technik
 - Simulationsverfahren bzw. –wissenschaften
 - Numerische Modellierung
 - Computersimulationen
 - Wissenschaftliches Rechnen, ...

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Comp. Eng. im Bauingenieurwesen



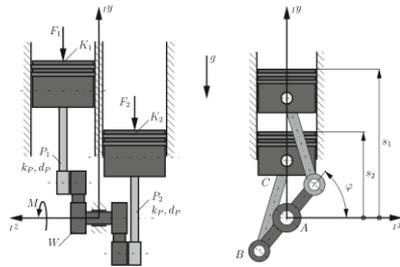
Risse, Stabilität und Versagen



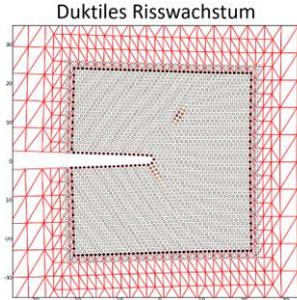
Fluid-Struktur-Interaktion (Bauwerk-Wind)

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

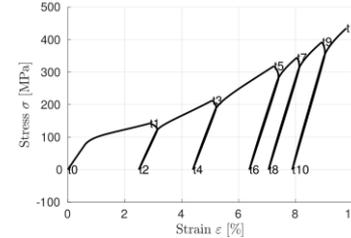
Comp. Eng. im Maschinenbau



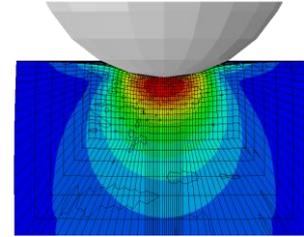
Mehrkörperdynamik



Multiskalen-Mechanik

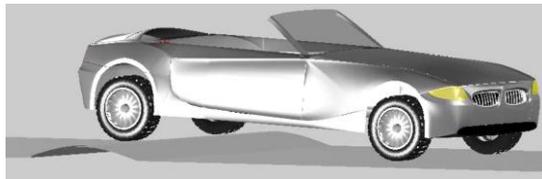


Nichtlineare Materialmodellierung



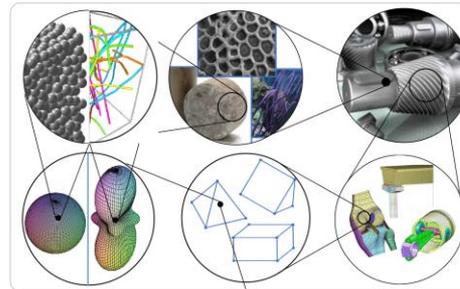
Sim. von Prüfverfahren

Nichtlineare Kontinuumsmechanik



Überfahren einer Bodenschwelle

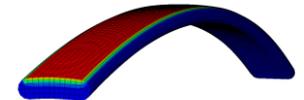
Diskretes Modell Mikrostruktur Bauteil



Statistisches Modell Innere Variablen Bauteilsimulation



Tordierung durch Materialanisotropie im Zugversuch

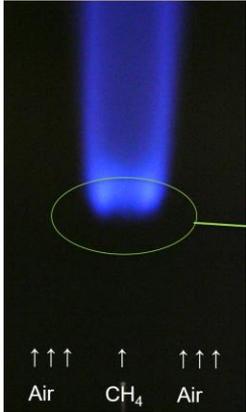


Biegung durch thermo-mechanische Kopplung

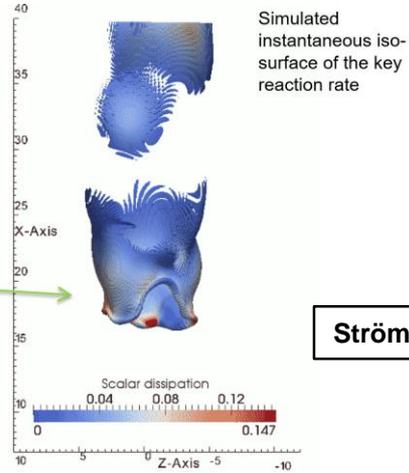
Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Comp. Eng. im Maschinenbau

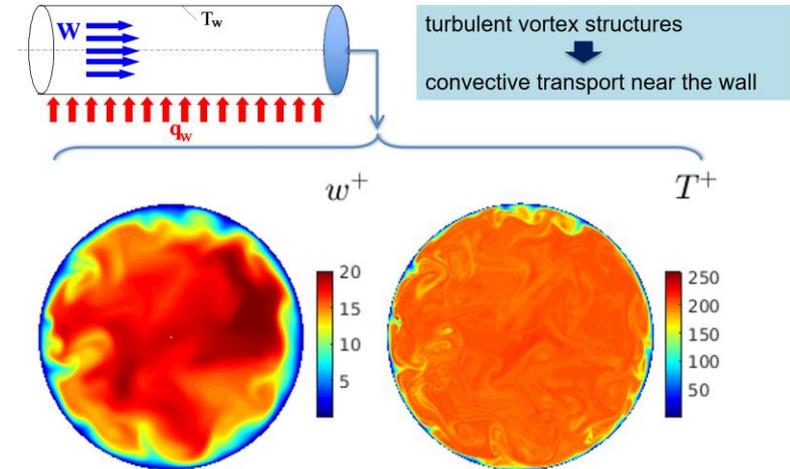
Experiments by Köberl & Woisetschläger (TTM-TUG)



Simulation einer Flamme



Strömungen



Instantaneous contours of the non-dimensional axial velocity w^+ and temperature T^+

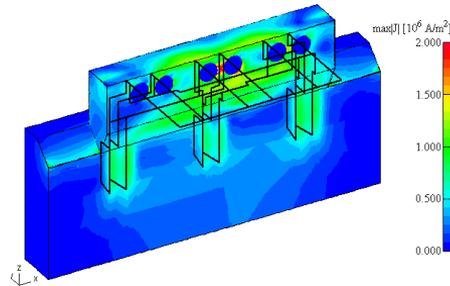
Turbulente Strömung in einem erhitzten Rohr



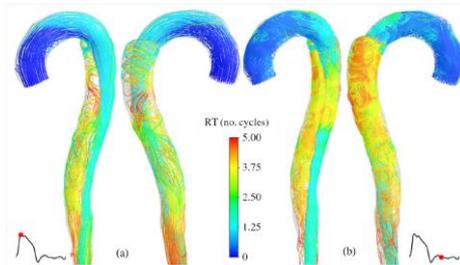
Tropfenaufrall auf einer Flüssigkeitsoberfläche

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Comp. Eng. in der Elektrotechnik

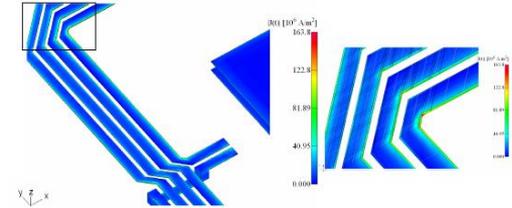
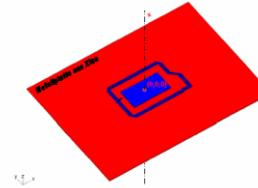


Wirbelströme im Transformatorkessel

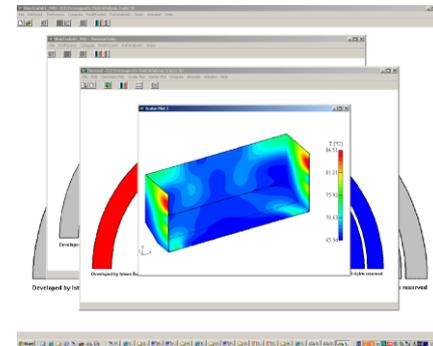


Elektrischer Widerstand in der medizinischen Bildverarbeitung

Energietechnik
Elektronik
Kommunikationstechnik



Verluste in NFC-Antenne

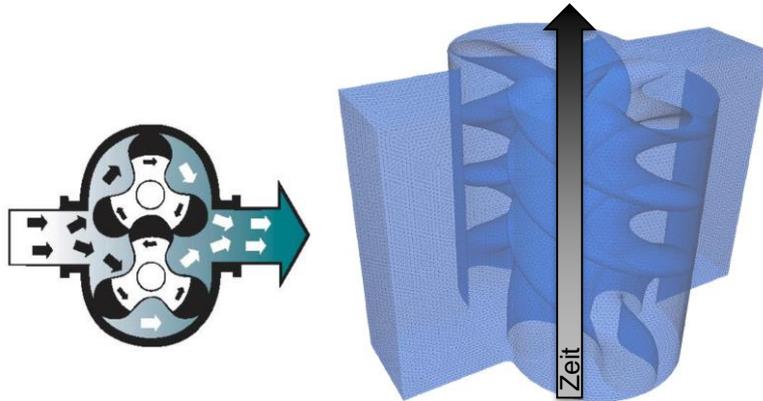


Simulation elektromagnetischer Felder mit EleFANT3D

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Comp. Eng. in der Mathematik

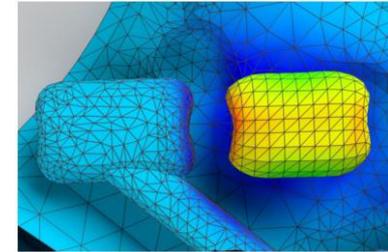
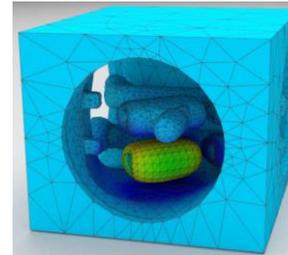
Angewandte Mathematik
Numerik
Optimierung



Spacetime-FEM für Lobe-Pumpe



Gebietszerlegung und Hochleistungsrechnen

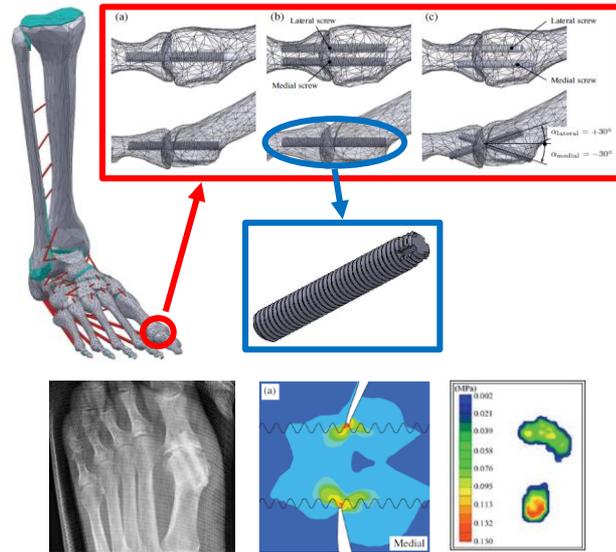


Formoptimierung

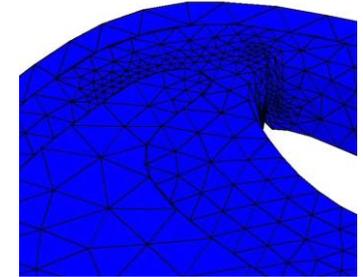
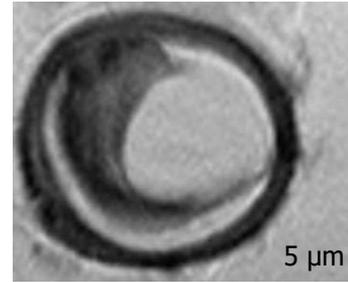
Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Comp. Eng. in der Biomechanik

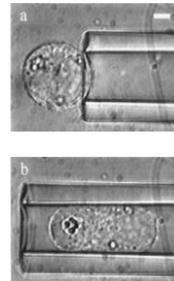
Knochen, Prothesen und Bewegungsapparat
Biologische Gewebe
Blutkreislauf



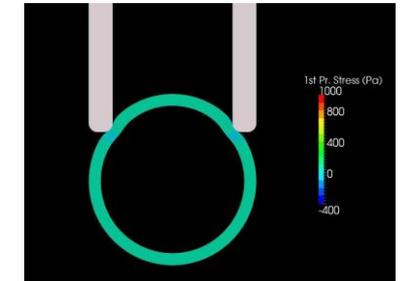
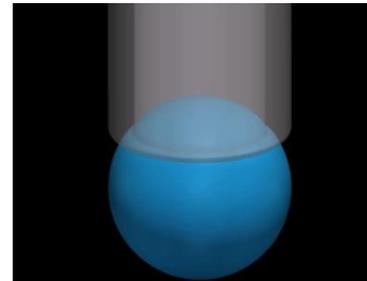
Optimierung medizinischer Eingriffe



MR image after balloon inflation



Jones et al.
 [J Biomech], 1999



Rheometer and Pipette Aspiration

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Anwendungsfelder: Wofür wird Comp. Eng. gebraucht?

- Verwandte Disziplinen und Unterdisziplinen von Comp. Eng.:
 - Computational Physics
 - Computational Chemistry
 - Computational Biology
 - Computational Fluid Dynamics (CFD)
 - Computer-aided engineering (CAE)
 - Virtual prototyping
 - ...
- Computational Sciences

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Berufsbilder und Arbeitgeber: Wer setzt Comp. Eng. ein?

■ Berufsbilder

■ Allgemein:

- SimulationsingenieurIn
- BerechnungsingenieurIn, BemessungsingenieurIn
- EntwicklungsingenieurIn
- TechnomathematikerIn, ...

■ Fachbezogen:

- BioinformatikerIn, MedizininformatikerIn, WerkstoffinformatikerIn
- konstruktiver IngenieurIn, StatikerIn, BautechnikerIn (Informatik)
- Luft- und RaumfahrttechnikerIn
- AkustiktechnikerIn, ...

www.beruflexikon.at

www.karriere.at

www.stepstone.at

www.monster.at

www.jobs.at

Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Berufsbilder und Arbeitgeber: Wer setzt Comp. Eng. ein?

- Stellenbörse: www.monster.de am 09.01.2019
 - „Simulation“ ergibt 1151 offene Stellen
 - „FEM“ ergibt 142 offene Stellen
- Arbeitgeber:



- Arbeitgeber Steiermark



Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Das Graz Center of Computational Engineering (GCCE)

- Ziel: Stärkung des Comp. Eng. an der TU Graz...
 - über Ausbildung und Lehre
 - über Grundlagenforschung und Entwicklung
 - durch Bündelung der Aktivitäten und Sichtbarkeit
 - als Ansprechpartner für Studierende und Anwender in Wissenschaft und Technik
- Kontakt:
 - www.gcce.tugraz.at
 - Sprecherin: Prof. Katrin Ellermann, Institut für Mechanik



Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering

Das Graz Center of Computational Engineering (GCCE)

Institute:



Holzapfel Biomechanik
Informatik und
Biomedizinische Technik



Bíró Grundlagen und
Theorie der Elektrotechnik
Elektrotechnik und
Informationstechnik



Schanz Baumechanik

Fries Baustatik

Bauingenieur-
wissenschaften



Hochrainer Festigkeitslehre

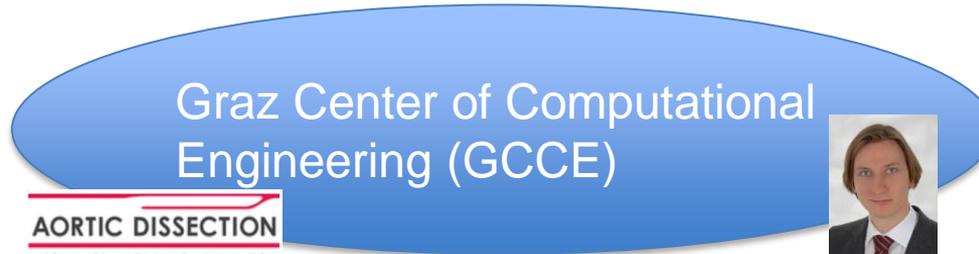


Ellermann Mechanik



Brenn Strömungslehre und
Wärmeübertragung

Maschinenbau



AORTIC DISSECTION
MECHANICS - MODELING - SIMULATION
LEAD-Projekt



Marussig



Steinbach Angewandte
Mathematik

Von der Linden Theor. Physik und
Comp. Physics

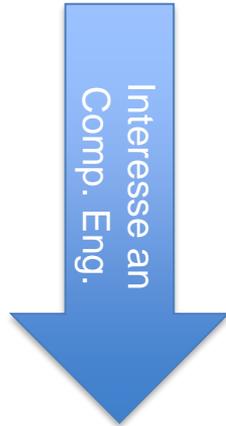
Mathematik, Physik und Geodäsie

Überblick Informationsveranstaltung

Computational Engineering studieren an der TU Graz

- Teil 1: Vorstellung der Fachdisziplin Computational Engineering
 - Begriffsklärung: Was ist Comp. Eng.?
 - Anwendungsfelder: Wofür wird Comp. Eng. gebraucht?
 - Berufsbilder und Arbeitgeber: Wer setzt Comp. Eng. ein?
 - Das Graz Center of Computational Engineering (GCCE)
- Teil 2: Studienangebot an der TU Graz
 - Lehrveranstaltungen & Module
 - Masterarbeiten
 - Individuelles Masterstudium

Studienangebot an der TU Graz



- **Lehrveranstaltungsangebot** bestehender Studiengänge
- **Masterarbeiten** mit Fokus auf Simulationsmethoden
- **Individuelles Masterstudium** „Computational Engineering“



Studienangebot an der TU Graz

Vorlesungen der GCCE-Institute



Festigkeitslehre



Mechanik



Strömungslehre und
Wärmeübertragung



Baumechanik



Baustatik



Grundlagen und
Theorie der
Elektrotechnik



Biomechanik



Angewandte
Mathematik



Theoretische Physik
Computational
Physics

Auswahl an Lehrveranstaltungen

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

IIFL

- Höhere Festigkeitslehre und FE-Methoden
- 2/D-Bauteile (Scheiben, Platten, Schalen)

IIFM

- Mehrkörperdynamik
- Nichtlineare Schwingungen

IISW

- Numerische Methoden Strömungslehre und Wärmeübertragung
- Gasdynamik

AMBM

Continuum Mechanics
Theory of Materials

IIFB

- Finite Element Method
- Boundary Element Methods

IIGTE

- Simulation zeitabhängiger Felder
- Numerische Optimierungsverfahren

BIOMECH

- Computational Biomechanics
- Mechanics of Biological Tissues

IIFAW

- Mathematical modelling in engineering
- Numerics and simulation

IITPCP

- Numerical Simulation of Strongly Correlated Many-Body Models
- Quantenmechanik

Auswahl an Lehrveranstaltungen

Fakultät für Bauingenieurwissenschaften

IIFL

- Höhere Festigkeitslehre und FE-Methoden
- 2/D-Bauteile (Scheiben, Platten, Schalen)

IIFM

- Mehrkörperdynamik
- Nichtlineare Schwingungen

IISW

- Numerische Methoden Strömungslehre und Wärmeübertragung
- Gasdynamik

AMBM

- Continuum Mechanics
- Theory of Materials

IIFB

- Finite Element Method
- Boundary Element Methods

IIGTE

- Simulation zeitabhängiger Felder
- Numerische Optimierungsverfahren

BIOMECH

- Computational Biomechanics
- Mechanics of Biological Tissues

IITAM

- Mathematical modelling in engineering
- Numerics and simulation

IITPCP

- Numerical Simulation of Strongly Correlated Many-Body Models
- Quantenmechanik

Auswahl an Lehrveranstaltungen

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

IIFL

- Höhere Festigkeitslehre und FE-Methoden
- 2/D-Bauteile (Scheiben, Platten, Schalen)

IIFM

- Mehrkörperdynamik
- Nichtlineare Schwingungen

IISW

- Numerische Methoden Strömungslehre und Wärmeübertragung
- Gasdynamik

AMBM

- Continuum Mechanics
- Theory of Materials

IIFB

- Finite Element Method
- Boundary Element Methods

IIGTE

- Simulation zeitabhängiger Felder
- Numerische Optimierungsverfahren

BIOMECH

- Computational Biomechanics
- Mechanics of Biological Tissues

IITAM

- Mathematical modelling in engineering
- Numerics and simulation

IITPCP

- Numerical Simulation of Strongly Correlated Many-Body Models
- Quantenmechanik

Auswahl an Lehrveranstaltungen

Fakultät für Informatik und Biomedizinische Technik

IIFL

- Höhere Festigkeitslehre und FE-Methoden
- 2/D-Bauteile (Scheiben, Platten, Schalen)

IIFM

- Mehrkörperdynamik
- Nichtlineare Schwingungen

IISW

- Numerische Methoden Strömungslehre und Wärmeübertragung
- Gasdynamik

AMIBM

- Continuum Mechanics
- Theory of Materials

IIFB

- Finite Element Method
- Boundary Element Methods

IIGTE

- Simulation zeitabhängiger Felder
- Numerische Optimierungsverfahren

BIOMECH

- Computational Biomechanics
- Mechanics of Biological Tissues

IITAM

- Mathematical modelling in engineering
- Numerics and simulation

IITPCP

- Numerical Simulation of Strongly Correlated Many-Body Models
- Quantenmechanik

Auswahl an Lehrveranstaltungen

Fakultät für Mathematik Physik und Geodäsie

IFEL

- Höhere Festigkeitslehre und FE-Methoden
- 2/D-Bauteile (Scheiben, Platten, Schalen)

IIFM

- Mehrkörperdynamik
- Nichtlineare Schwingungen

IISW

- Numerische Methoden Strömungslehre und Wärmeübertragung
- Gasdynamik

AM|BM

- Continuum Mechanics
- Theory of Materials

IIFB

- Finite Element Method
- Boundary Element Methods

IIGTE

- Simulation zeitabhängiger Felder
- Numerische Optimierungsverfahren

BIOMECH

- Computational Biomechanics
- Mechanics of Biological Tissues

IIfAM

- Mathematical modelling in engineering
- Numerics and simulation

ITPCP

- Numerical Simulation of Strongly Correlated Many-Body Models
- Quantenmechanik

Computational Engineering Schwerpunkte

Masterstudien der TU Graz

Mathematics (Curriculum 2015)

- Vertiefungsmodul **Applied Mathematics**
- Vertiefungsmodul **Technomathematics**

Physics (Curriculum 2017)

- Vertiefungsrichtung **Theoretical and Computational Physics** (Module T1, T2 & T3)

Elektrotechnik (Curriculum 2019)

- Vertiefungsrichtung Automatisierungstechnik und Mechatronik, Wahlmodul **Modeling & Simulation**

Maschinenbau (Curriculum 2017)

- Fachspezifische Vertiefungsrichtung **Computational Engineering & Mechatronik**

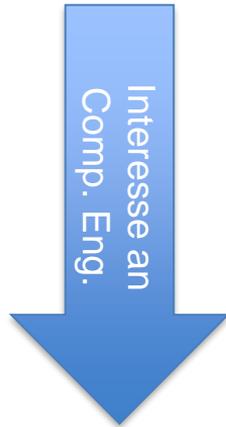
Biomedical Engineering (Curriculum 2018)

- Hauptfach **Biomechanics: Modeling and Simulation**

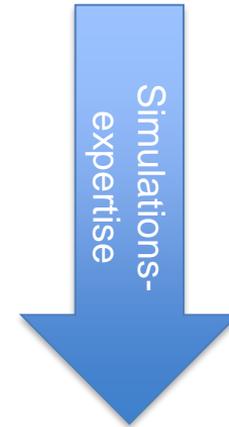
Bauingenieurwissenschaften – Konstruktiver Ingenieurbau (Genehm.phase)

- Pflichtwahlmodul **Vertiefende und numerische Mechanik**
- Wahlmodul **Simulation und Mechanik**

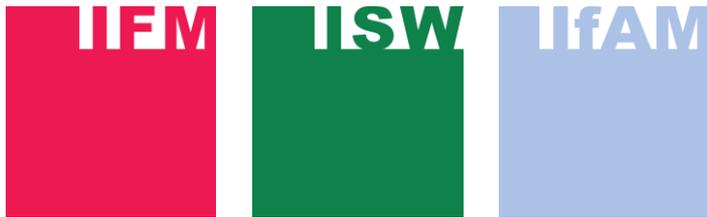
Studienangebot an der TU Graz



- Lehrveranstaltungsangebot bestehender Studiengänge
- **Masterarbeiten** mit Fokus auf Simulationsmethoden
- Individuelles Masterstudium „Computational Engineering“



Masterarbeiten mit Fokus auf Computational Engineering



- Ideal, um sich zum Abschluss des Studiums mit Comp. Eng. auseinanderzusetzen.
- Die 9 GCCE-Institute bieten eine große Auswahl an verschiedenen Fragestellungen.
- Eine fakultätsübergreifende Betreuung ist möglich.

Masterarbeiten

Fakultät für Mathematik, Physik und Geodäsie



Theoretische Physik

- Vielteilchen-Theorie von Quanten
- Computergestützte Materialwissenschaften
- Plasmaphysik

Angewandte Mathematik

- Finite Element Methoden und Randelementmethoden, parallele Lösungsverfahren
- Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen
- Analysis und Numerik von Eigenwertproblemen
- Spektraltheorie partieller Differentialgleichungen
- Anwendungen in Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie in der Industrie

Masterarbeiten

Fakultät für Bauingenieurwissenschaften



Baumechanik

- Wellenausbreitungsvorgängen: Poroelastizität, Iterative/Mortar Kopplung
- Modellierung von Materialien: Granulare Materialien, Geosynthetics, Auxetisches Materialverhalten
- Dynamik und Optimierung: Mehrkörperdynamik, Minimierung von Reibungsverlusten

Baustatik

- Strukturmechanik: Bruchmechanik, Biomechanik, Allgemeine Strukturmechanik
- Strömungsmechanik: Zwei-Phasen-Strömungen, Fluid-Struktur-Interaktion
- Innovative Simulationsmethoden: *hp*-FEM, IGA, XFEM, ...

Masterarbeiten

Fakultät für Informatik und Biomedizinische Technik



Biomechanik

- Computersimulation des vesikulären Zelltransports
- Biomechanische Multiskalen-Untersuchung der menschlichen Aorta
- Mathematische Modellierung und Computersimulation der Aortendissektion

Masterarbeiten

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

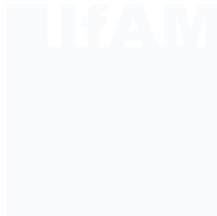


Grundlagen und Theorie der Elektrotechnik

- Untersuchung von Funkstörabstrahlproblemen
- Berechnung von nichtlinearen periodischen Feldproblemen
- Simulation der Bewegungsinduktion
- Anwendung und Entwicklung stochastischer und deterministischer Optimierungsverfahren in der Elektrodynamik

Masterarbeiten

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften



Festigkeitslehre

- Materialtheorien auf Mikro-, Meso- und Makroebene
- Nichtlineare Kontinuumsmechanik und Finite Elemente
- Gekoppelte Festkörperprobleme

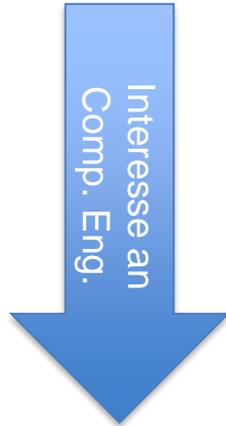
Mechanik

- Mehrkörperdynamik
- Schwingungstechnik
- Kontaktmechanik

Strömungslehre und Wärmeübertragung

- Transportprozesse und Rheologie
- Aerodynamik
- Modellbildung und numerische Simulation
- Grenzflächen und Milli-/Mikro-Fluidmechanik

Studienangebot an der TU Graz



- Lehrveranstaltungsangebot bestehender Studiengänge
- **Masterarbeiten** mit Fokus auf Simulationsmethoden
- **Individuelles Masterstudium** „Computational Engineering“



Individuelles Studium

- Was ist ein individuelles Studium?
 - Ein individuelles Studium besteht aus *Prüfungsfächern verschiedener Studien*. Sie erstellen selbst das dazugehörige Curriculum (Studienplan).
 - Das individuelle Studium muss einem facheinschlägigen Studium an der TU Graz gleichwertig sein und von der TU Graz genehmigt werden.
- Voraussetzungen für Genehmigung
 - Das beantragte individuelle Studium kann im Rahmen eines regulären Studiums nicht absolviert werden.
 - Vergleichbare reguläre Studien sind in Hinblick auf den Arbeitsaufwand und dem Qualifikationsniveau gleichwertig.
 - Das Qualifikationsprofil ist einsichtig und die Zusammensetzung der Fächer oder Module wissenschaftlich sinnvoll.

Individuelles Studium

Beantragung

- Antrag auf Genehmigung eines individuellen Studiums
 - Antragsformular
 - Qualifikationsprofil
 - Motivationsschreiben
 - Curriculum samt Prüfungsordnung, Angabe der Prüfungsfächer sowie Titel, Art und Ausmaß der Lehrveranstaltungen
 - Allfällige Nachweise über bisher abgelegte facheinschlägige Prüfungen
- Kontaktstellen der TU Graz
 - Studienservice www.tugraz.at <https://tu4u.tugraz.at>

Individuelles Studium

Beantragung eines Masterstudiums Comp. Eng.

- Antrag auf Genehmigung eines individuellen Studiums

- Antragsformular



GCCE

Qualifikationsprofil für Comp. Eng.

- Motivationsschreiben



GCCE

Curriculum samt Prüfungsordnung, Angabe der Prüfungsfächer sowie Titel, Art und Ausmaß der Lehrveranstaltungen für Comp. Eng.

- Allfällige Nachweise über bisher abgelegte facheinschlägige Prüfungen

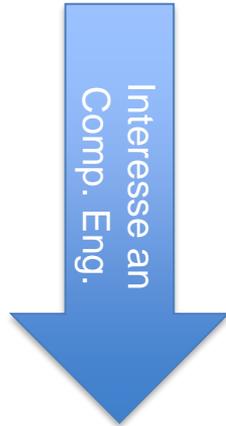
- Kontaktstellen der TU Graz

- Studienservice www.tugraz.at <https://tu4u.tugraz.at>

- GCCE www.gcce.tugraz.at

Studienangebot an der TU Graz

Fragen?



- **Lehrveranstaltungsangebot** bestehender Studiengänge
- **Masterarbeiten** mit Fokus auf Simulationsmethoden
- **Individuelles Masterstudium** „Computational Engineering“



Was ist Ihre Meinung zu Comp. Eng.?

- Umfrage mit  feedbackr, bitte mit Smartphone über normalen Browser diese URL eingeben:

<https://fbr.io/LFGPL>

- Wie intensiv möchten Sie sich mit Computational Engineering in Ihrem Studium beschäftigen?
- Feedback zur Veranstaltung