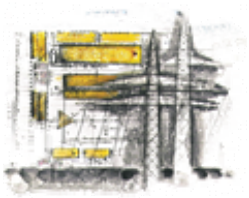
Energietechnik-Broschüre

2010

Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen

Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen HTEE



.....Strömungsmaschinen

Thermodynamik .....

Gebäude- und Solartechnik

Wärme- und Brennstofftechnik .....

Inhaltsverzeichnis:

Energietechnik 3
Musterstudienpläne für das Studium der Fachrichtung Energie- technik 4
Musterstudienplan für den Studienschwerpunkt Energietechnik (mit Grundlagen der Verfahrenstechnik) 5
Musterstudienplan für den Studienschwerpunkt Energietechnik (mit Grundlagen der Elektrotechnik) 6
Musterstudienplan für den Studienschwerpunkt Energietechnik (mit Schwerpunkt Strömungsmaschinen) 7
Katalog der möglichen Wahlpflichtfächer der Energie- und Verfahrenstechnik (DPO 2003) 8
Fächer aus der Thermodynamik 8
Fächer aus der Energietechnik im Maschinenbau 8
Fächer aus der Energietechnik der Elektrotechnik 8
Fächer aus der Verfahrenstechnik 8
Fächer aus dem Umweltschutz 9
Ergänzende Fächer aus dem Maschinenbau 9
Gemeinsame Veranstaltungen aller Institute der Fachrichtung Energie- und Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik 9
Studienpläne Bachelor/Master 11
Fächerkatalog Bachelor in der Energie und Verfahrenstechnik (4.-6. Semester) Maschinenbau. 13
Fächerkatalog Wirtschaftingenieurwesen Maschinenbau 14
Fächerkatalog Master 15
Institut für Gebäude- und Solartechnik 17
Lehrveranstaltungen des Instituts 18
Arbeits- und Forschungsgebiete des Instituts 21
Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen 24
Lehrveranstaltungen des Institutes 25
Arbeitsgebiete des Institutes 28
Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen HTEE 34
Lehrveranstaltungen des Instituts 35
Arbeitsgebiete des Instituts für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen 38
Pfleiderer-Institut für Strömungsmaschinen 41
Lehrveranstaltungen / Module (Bachelor) 41
Lehrveranstaltungen / Module (Master) 41
Arbeitsgebiete 43
Institut für Thermodynamik 50
Lehrveranstaltungen für Diplomstudiengänge 51
Module für Bachelor- und Masterstudiengänge 51
Arbeitsgebiete 54
Institut für Wärme- und Brennstofftechnik 60
Lehrveranstaltungen des Institutes 61
Arbeitsgebiete des Institutes 65

Energietechnik

Der Strom kommt für die meisten Menschen aus der Steckdose. Aber manchmal gehen tatsächlich die Lichter aus oder der Ölpreis steigt. Und plötzlich reden alle über Energie, die einen über regenerative, die anderen über nukleare und wieder andere über fossile.
Da Energie immer gebraucht wird, werden sicher auch immer Energietechniker gebraucht und neben Spezialisten auch Diplomingenieurinnen und -ingenieure mit einem breiten Überblick. Denn die Energietechnik ist vielfältig und bunt - wie seit kurzem angeblich der Strom. Weil aber in vielen Unternehmen die Hierarchien flacher wurden oder Personal abgebaut oder Dienstleistungen outgesourct wurden, ist ein breiteres Wissen gefragter denn je.
Die Beschäftigungsmöglichkeiten, die sich den Diplomingenieurinnen und -ingenieuren in der Energietechnik bieten, sind vielfältig:

- nach einigen Jahren Erfahrung die Leitung der Energieversorgung eines großen Industriebetriebes zu übernehmen, denn die Energieversorgung besteht sicher aus elektrischen Anlagen wie elektrischen Netzen und Motoren, aber auch aus maschinenbaulichen Anlagen wie Heiz- oder Dampfkesseln,
- oder auch das Energiemanagement der Gebäude durchzuführen,
- in einem Energieversorgungsunternehmen elektrotechnische Anlagen wie Umspannwerke oder maschinenbauliche Anlagen wie Windräder oder Wasserturbinen zu betreuen,
- schon sehr früh als Projektingenieurin bzw. -ingenieur für einen international tätigen Anlagenbauer am Bau eines Kraftwerkes mitzuwirken, in dem Gas- und Dampfturbinen genauso vorkommen wie Generatoren,
- in Behörden die Genehmigung solcher Anlagen zu bearbeiten und dabei auch die Auswirkungen auf die Umwelt und die nötigen Maßnahmen für den Umweltschutz zu beurteilen,
- in Forschungseinrichtungen, Fachhochschulen und Universitäten fächerübergreifende Forschungsprojekte durchzuführen, wie z. B. über Brennstoffzellen und deren Versorgung mit Brenngasen aus Kohle- oder Biomassevergasung, und darüber zu lehren.

Wie ein *Energietechnik-Studium an der TU Braunschweig* aussehen könnte, können Sie aus den nachfolgenden beiden Musterstudienplänen ersehen. Das Studium vor dem Vordiplom unterscheidet sich dabei nicht von dem anderer Maschinenbau-Studiengänge. Nach dem Vordiplom haben Sie viele Wahlmöglichkeiten und der Musterstudienplan stellt nur eine Möglichkeit dar, die Sie entsprechend Ihren Interessen abändern können. Neben der „klassischen" Studienplanvariante mit vielen Grundlagen der Verfahrenstechnik besteht auch die Möglichkeit, einige Grundlagenfächer und viele energietechnische Fächer der *Elektrotechnik*, wie z. B. Wechselströme und Netzwerke, elektrische Energieanlagen und Antriebe, Leistungselektronik und Hochspannungstechnik, und auch energietechnische Fächer aus Architektur und Bauingenieurwesen in das energietechnisch orientierte Studium des Maschinenbaus zu integrieren!

Musterstudienpläne für das Studium der Fachrichtung Energietechnik

Für das Hauptstudium ist von jedem Studierenden ein Studienplan aufzustellen. Dieser Studienplan muss spätestens im Semester nach der Anmeldung der ersten Hauptdiplomprüfung bei der Fakultät eingereicht werden, und zwar mindestens 6 Wochen vor Anmeldeschluss für den folgenden Prüfungszeitraum, da er vom Prüfungsausschuss zu genehmigen ist. Vor Einreichung des Planes ist eine Studienplanberatung erforderlich.

Der Studienplan kann während des Hauptstudiums auf schriftlichen Antrag hin noch geändert werden. Ein solcher Antrag muss ebenfalls mindestens 6 Wochen vor Anmeldeschluss des betreffenden Prüfungszeitraums bei der Fakultät eingereicht werden

Zu den Prüfungen des Hauptdiploms darf sich anmelden, wem noch maximal 16 Leistungspunkte aus dem Vordiplom fehlen. Dabei ist das Praktikum aus dem Vordiplom mit einzurechnen. Diese Leistungspunkte sind allerdings innerhalb von 2 Semestern nach Anmeldung der ersten Hauptdiplomprüfung nachzuweisen. Anderenfalls wird man für alle weiteren Hauptdiplomprüfungen bis zum Erreichen des Vordiploms gesperrt.

Die nachfolgenden Musterstudienpläne stellen lediglich Beispiele für den Aufbau des Hauptstudiums in der Energietechnik dar. Sie ersetzen nicht die geforderte Studienberatung, die Sie bei den Studienberatern der Institute unserer Fachrichtungen erhalten.

Musterstudienplan für den Studienschwerpunkt Energietechnik (mit Grundlagen der Verfahrenstechnik)

Vorlesung	5. Sem.		6. Sem.		7. Sem.		8. Sem.	
	V/Ü	LP	V/Ü	LP	V/Ü	LP	V/Ü	LP
Thermodynamik der Gemische	2/1	5						
Numerische Simulation (CFD)	2/1	5						
Anlagentechnik					2/1	5		
Regelungstechnik und dynamische Modellbildung			2/1	5				
Wärme- und Stoffübertragersysteme	2/1	5						
Strömungsmaschinen I	2/1	5						
Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen *			2/1	5				
Strömungsmaschinen II *	2/1	5						
Regenerative Energietechnik *			2/0	5				
Nukleare Energietechnik I *	2/1	5						
Stationäre Simulation und Optimierung thermischer Energieanlagen *			2/1	5				
Mechanische Verfahrenstechnik I *			2/1	5				
Thermische Energieanlagen *					2/1	5		
Umweltschutztechnik I *					2/0	5		
Thermische Verfahrenstechnik II *			2/1	5				
Mehrphasenströmung I *							2/1	5
Energietechnisches Labor						8		
technische Wahlfächer **						4		8
nichttechnische Wahlfächer						4		4
1. Studienarbeit								12
LP im jeweiligen Semester:		30		30		31		29

* = Die angegebenen **Wahlpflichtfächer** stellen nur ein Beispiel dar, wie ein Studium der Energietechnik abgerundet werden kann. Stattdessen können auch andere Fächer gewählt werden im Rahmen des Vertiefungsfächerkatalogs der Fachrichtung Energie- und Verfahrenstechnik (EVT).

** = Empfohlen werden insbesondere **Wahlfächer** aus dem Vertiefungsfächerkatalog der Fachrichtung. Aber auch jedes andere Fach aus dem Gesamtfächerkatalog des Maschinenbaus oder einer anderen Fachrichtung der TU Braunschweig ist denkbar.

* ,** **In diesem Rahmen sind auch Fächer aus der Energietechnik der Elektrotechnik wählbar.** Diese sind z.B.: Grundlagen der elektrischen Energietechnik, Elektrische Energieanlagen I, Hochspannungstechnik, Wechselströme und Netzwerke I,II etc. (siehe Fächerkatalog der EVT (Anlage 7 der DPO2003))

Musterstudienplan für den Studienschwerpunkt Energietechnik (mit Grundlagen der Elektrotechnik)

Vorlesung	5. Sem.		6. Sem.		7. Sem.		8. Sem.	
	V/Ü	LP	V/Ü	LP	V/Ü	LP	V/Ü	LP
Anlagentechnik					2/1	5		
Numerische Simulation (CFD)	2/1	5						
Regelungstechnik und dynamische Modellbildung			2/1	5				
Thermodynamik der Gemische	2/1	5						
Wärme- und Stoffübertragersysteme	2/1	5						
Strömungsmaschinen I	2/1	5						
Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen *			2/1	5				
Elektrische Energieanlagen I *			2/1	5				
Grundlagen der elektrischen Energie-technik *	4/1	10						
Objektorientierte Simulationsverf. in der Thermo- und Fluiddynamik *							2/1	5
Regenerative Energietechnik *							2/0	5
Strömungsmaschinen II *					2/1	5		
Thermische Energieanlagen *					2/1	5		
Verbrennungskraftmaschinen I *					2/1	5		
Wechselströme und Netzwerke I *					2/1	5		
Energietechnisches Labor						8		
technische Wahlfächer **				8				4
nichttechnische Wahlfächer				4				4
1. Studienarbeit								12
LP im jeweiligen Semester:		30		27		33		30

* = Die angegebenen **Wahlpflichtfächer** stellen nur ein Beispiel dar, wie ein Studium der Energietechnik abgerundet werden kann. Stattdessen können auch andere Fächer gewählt werden im Rahmen des Vertiefungsfächerkatalogs der Fachrichtung Energie- und Verfahrenstechnik (EVT).

** = Empfohlen werden insbesondere **Wahlfächer** aus dem Vertiefungsfächerkatalog der Fachrichtung. Aber auch jedes andere Fach aus dem Gesamtfächerkatalog des Maschinenbaus oder einer anderen Fachrichtung der TU Braunschweig ist denkbar.

* ,** **In diesem Rahmen sind auch Fächer aus der Energietechnik der Elektrotechnik wählbar.**
Diese sind z.B.: Grundlagen der elektrischen Energietechnik, Elektrische Energieanlagen I, Hochspannungstechnik, Wechselströme und Netzwerke I, II etc. (siehe Fächerkatalog der EVT (Anlage 7 der DPO2003))

Musterstudienplan für den Studienschwerpunkt Energietechnik (mit Schwerpunkt Strömungsmaschinen)

Vorlesung	5. Sem.		6. Sem.		7. Sem.		8. Sem.	
	V/Ü	LP	V/Ü	LP	V/Ü	LP	V/Ü	LP
Thermodynamik der Gemische	2/1	5						
Numerische Simulation (CFD)					2/1	5		
Anlagentechnik	2/1	5						
Regelungstechnik und dynamische Modellbildung			2/1	5				
Wärme- und Stoffübertragersysteme	2/1	5						
Strömungsmaschinen I	2/1	5						
Strömungsmaschinen II *	2/1	5						
Aerodynamik der Triebwerkskomponenten I *			2/1	5				
Regenerative Energietechnik *			2/0	5				
Nukleare Energietechnik I *	2/1	5						
Strömungsmaschinen 3 *			2/1	5				
Strömungsmaschinen 5 *			2/1	5				
Messtechnische Methoden für Strömungsmaschinen *					2/1	5		
Umweltschutztechnik I *					2/0	5		
Thermische Verfahrenstechnik I *					2/1	5		
Elektromechanische Energieumformung I							2/1	5
Energietechnisches Labor						8		
technische Wahlfächer **				4				8
nichttechnische Wahlfächer						4		4
1. Studienarbeit								12
LP im jeweiligen Semester:		30		29		32		29

* = Die angegebenen **Wahlpflichtfächer** stellen nur ein Beispiel dar, wie ein Studium der Energietechnik abgerundet werden kann. Stattdessen können auch andere Fächer gewählt werden im Rahmen des Vertiefungsfächerkatalogs der Fachrichtung Energie- und Verfahrenstechnik (EVT).

** = Empfohlen werden insbesondere **Wahlfächer** aus dem Vertiefungsfächerkatalog der Fachrichtung. Aber auch jedes andere Fach aus dem Gesamtfächerkatalog des Maschinenbaus oder einer anderen Fachrichtung der TU Braunschweig ist denkbar.

* ,** In diesem Rahmen sind auch Fächer aus der Energietechnik der Elektrotechnik wählbar.
Diese sind z.B.: Grundlagen der elektrischen Energietechnik, Elektrische Energieanlagen I, Hochspannungstechnik, Wechselströme und Netzwerke I,II etc. (siehe Fächerkatalog der EVT (Anlage 7 der DPO2003))

Katalog der möglichen Wahlpflichtfächer der Energie- und Verfahrenstechnik (DPO 2003)

	LP
Fachrichtungspflichtfächer der nicht gewählten Vertiefung	
max. 1 Fachrichtungspflichtfach	5
Fächer aus der Thermodynamik	
Thermodynamics and Statistics	5
Objektorientierte Simulationsverfahren in der Thermo- und Fluiddynamik	5
Thermodynamik für die chemische Verfahrenstechnik	5
Molekulare Simulation	5
Fahrzeugklimatisierung	5
Modellierung thermischer Systeme mit MO-DELICA	5
Fächer aus der Energietechnik im Maschinenbau	
Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen	5
Thermische Energieanlagen	5
Stationäre Simulation und Optimierung thermischer Energieanlagen	5
Strömungsmaschinen II – Einführung in die Berechnung	5
Strömungsmaschinen III – Entwurf der Komponenten	5
Strömungsmaschinen IV – Vertiefung Kreiselpumpen	5
Strömungsmaschinen V – Vertiefung thermische Strömungsmaschinen	5
Kreisprozesse der Flugtriebwerke	5
Aerodynamik der Triebwerkskomponenten I	5
Aerodynamik der Triebwerkskomponenten II	5
Regenerative Energietechnik	5
Nukleare Energietechnik I	5
Nukleare Energietechnik II	5
Verbrennungskraftmaschinen I (Grundlagen)	5
Verbrennungskraftmaschinen II (Verfahrenstheorie)	5
Fächer aus der Energietechnik der Elektrotechnik	
Grundlagen der elektrischen Energietechnik	10
Wechselströme und Netzwerke I	5
Wechselströme und Netzwerke II	5
Elektromagnetische Felder I	5
Elektrische Energieanlagen I	5
Numerische Berechnungsverfahren (Elektrotechnik)	5
Elektromechanische Energieumformung I	5
Leistungselektronik	5
Regelung in der Elektrischen Energieversorgung	5
Regelung in der Antriebstechnik	5
Hochspannungstechnik I	5
Leistungshalbleiterbauelemente	5
Fächer aus der Verfahrenstechnik	
Thermische Verfahrenstechnik I (Stoffverhalten, Verdampfung, Kristallisation, Rektifikation, Absorption)	5

Thermische Verfahrenstechnik II (Extraktion, Adsorption, Trocknung, Membranverfahren)	5
Chemische Verfahrenstechnik	5
Introduction to Computer Aided Process Engineering	5
Design verfahrenstechnischer Anlagen	5
Technische Chemie	5
Mechanische Verfahrenstechnik I (Partikelgrößenanalyse, Zerkleinern, Trennen)	5
Mechanische Verfahrenstechnik II (Mischen, Agglomerieren, Schüttguttechnik, Haufwerkdurchströmung)	5
Maschinen der Mechanischen Verfahrenstechnik	5
Lagern, Fördern und Dosieren von Schüttgütern	5
Mikroskopie und Partikelmessung im Mikro- und Nanometerbereich	5
Mehrphasenströmung I	5
Mehrphasenströmung II	5
Formulierungstechnik	5
Zerkleinern und Dispergieren	5
Nanopartikeltechnologie	5

Fächer aus dem Umweltschutz

Umweltschutztechnik I	5
Umweltschutztechnik II	5
Thermische Behandlung von Abfällen	2,5

Ergänzende Fächer aus dem Maschinenbau

Einführung in die Messtechnik	5

Gemeinsame Veranstaltungen aller Institute der Fachrichtung Energie- und Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik

1. Vorlesungen

Umweltschutztechnik I: (Wintersemester 2 SWS)

1. Einführung (Umwelt, Energie und Klima im Ökosystem)
2. Produktionsintegrierter Umweltschutz
3. Messtechnik im Umweltschutz
4. Abgas, Abluftreinigung
5. Bodenreinigung
6. Förderung umweltgefährdender Stoffe
7. Rationeller Energieeinsatz

Umweltschutztechnik II: (Sommersemester 2 SWS)

8. Abwasser- und Grundwasserbehandlung
9. Recycling, Abfallbehandlung, Deponierung
10. Lärmschutz
11. Umweltschutzgesetzgebung

2. Seminar für Energie- und Verfahrenstechnik

Dieses Gemeinschaftsseminar behandelt in jedem Semester Themen, die von den einzelnen Instituten vorgeschlagen werden. Die Themen werden am Ende des vorangehenden Semesters von den Instituten bekannt gegeben und müssen am jeweiligen Institut angemeldet werden. Ein Seminarvortrag über eine Studienarbeit ist möglich.

3. Kolloquium für Energie- und Verfahrenstechnik

Im Kolloquium berichten Damen und Herren aus der Industrie oder von anderen Universitäten über interessante Fragen aus der Forschung oder über neue technische Entwicklungen. Die Referenten werden von den am Kolloquium beteiligten Instituten eingeladen. Es wird angestrebt, in jedem Semester mindestens ein Referat aus jedem Fachgebiet anzubieten.

Studienpläne Bachelor/Master

Musterstudienplan Bachelor Maschinenbau mit Vertiefung Energietechnik

Semester 1		Semester 2		Semester 3	
Modul	**LP**	**Modul**	**LP**	**Modul**	**LP**
Ingenieurmathematik I - Analysis 1	**4**	Ingenieurmathematik III - Analysis 2	**4**	Ingenieurmathematik V - Vektoranalysis	**4**
Ingenieurmathematik II - Lineare Algebra	**4**	Ingenieurmathematik IV - Differentialgleichungen	**4**	Grundlagen der Strömungsmechanik	**4**
Naturwissenschaftliche Grundlagen für den Maschinenbau	**4**	Naturwissenschaftliche Grundlagen für den Maschinenbau	**2**	Thermodynamik	**6**
Werkstofftechnologie 1	**2**	Werkstofftechnologie 1	**4**	Einführung in die Messtechnik	**4**
Werkstoffkunde	**4**	Technische Mechanik 2 - Dynamik und Schwingungen	**8**	Gestaltung und Berechnung komplexer Maschinenelemente	**10**
Elektrotechnik I für den Maschinenbau	**4**	Grundlagen des Konstruierens	**10**		
Technische Mechanik 1 - Statik und Festigkeitslehre	**8**				

Semester 4		Semester 5		Semester 6	
Modul	**LP**	**Modul**	**LP**	**Modul**	**LP**
Einführung in die computergestützten Methoden für Ingenieure	**6**	Einführung in numerische Methoden für Ingenieure	**4**	Nichttechnisches Modul Bachelor Maschinenbau	**4**
Wärme- und Stoffübertragung	**4**	Anlagenbau	**4**	Grundoperationen der Fluidverfahrenstechnik	**4**
Regelungstechnik	**4**	Arbeitswissenschaft	**4**	Bachelorarbeit	**14**
Grundlagen der mechanischen Verfahrenstechnik	**4**	Projektarbeit	**8**		
Fertigungstechnik	**4**	Grundlagen der Strömungsmaschinen	**4**		
Grundlagen der Energietechnik mit Labor	**6**	Grundlagen der Brennstoffzellen	**4**		
Betriebspraktikum	**4**			Betriebspraktikum	**8**

Musterstudienplan Master Maschinenbau

Vertiefungsrichtung Energie- und Verfahrenstechnik (Schwerpunkt Energietechnik)

(vorläufig, ohne Gewähr)

Semester 1				Semester 2			
Modul			**LP**	**Modul**			**LP**
Thermodynamik der Gemische mit Labor	GL	PF	6	Modellierung und Numerik von Differentialgleichungen		PF	4
Numerische Simulation (CFD)	GL	WPF	4	Introduction to Computer Aided Process Engineering	GL	WPF	4
Einf. i. d. element. Berechnung v. Strömungsmaschinen	GL	WF	4	Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen mit Labor	AW	WPF	6
Wärme- und Stoffübertrager-systeme mit Labor	AW	WPF	6	Regenerative Energietechnik	AW	WF	4
Design verfahrenstechnischer Anlagen	AW	WPF	4	Nichttechnisches Modul		PF	4
Schutz der Erdatmosphäre	AW	WF	4	Nichttechnisches Modul		PF	4
Thermische Energieanlagen	GL	WF	4				
		Σ	32			**Σ**	26

Semester 3				Semester 4			
Modul			**LP**	**Modul**			**LP**
Studienarbeit		PF	20	Masterarbeit		PF	30
Klimaschutz, Energiewirtschaft, Technikbewertung	AW	WF	4				
Nukleare Energietechnik 1	AW	WF	4				
Nichttechnisches Modul		PF	4				
		Σ	32			**Σ**	30

PF: Pflichtfach; WPF: Wahlpflichtfach; WF:Wahlfach

GL: Grundlagen; AW: Anwendungen

LP: Leistungspunkte

Fächerkatalog Bachelor in der Energie und Verfahrenstechnik (4.-6. Semester) Maschinenbau

Allgemeine Pflichtfächer

- Einführung in computergestützte Methoden für Ingenieure
- Wärme und Stoffübertragung **oder** Maschinendynamik
- Regelungstechnik – Grundlagen
- Fertigungstechnik
- Arbeitswissenschaft
- Nichttechnische Wahlmodul (4 LP)
  (Liste von Fächern liegt in der Fakultät Maschinenbau aus)
- Projektarbeit
- Bachelorarbeit

Vertiefungsrichtungspflichtfächer

Wahlpflichtmodul Numerik EVT/BVT

- Einführung in numerische Methoden für Ingenieure

Wahlpflichtmodul Mechanik und Festigkeit EVT

- Grundlagen der Mechanischen Verfahrenstechnik (MB)

Wahlpflichtmodul Konstruktionstechnik EVT

- Anlagenbau (MB)

Kompetenzfeld Energie- und Verfahrenstechnik/Bioverfahrenstechnik (insgesamt 18 LP, davon mindestens 2 LP durch Labore)

- Auslegung und Anwendung mechanischer Verfahren
- Bioprozesstechnik 1
- Bioprozesstechnik 1 mit Labor
- Chemie- und Bioreaktoren 1 MB
- Chemische Reaktionstechnik
- Einführung in Stoffwandlungsprozesse (MB)
- Einführung in Stoffwandlungsprozesse (MB) mit Labor
- ET II für Maschinenbau
- Grundlagen der Brennstoffzellen
- Grundlagen der Energietechnik
- Grundlagen der Energietechnik mit Labor
- Grundlagen der Strömungsmaschinen
- Grundoperationen der Fluidverfahrenstechnik (MB)

Fächerkatalog Wirtschaftingenieurwesen Maschinenbau

Allgemeine Pflichtfächer

- Informatik im Maschinenbau **oder**
  Einführung in das Programmieren (für Nicht-Informatiker)
- Quantitative Methoden in den Wirtschaftwissenschaften
- Bürgerliches Recht
- Modul Integrationsbereich (4 LP)
  (Liste von Fächern liegt in der Fakultät Maschinenbau aus)
- Regelungstechnik für Wirtschaftingenieure
- Grundlagen des Konstruierens
- Arbeitswissenschaft
- Praktikum
- Bachelorarbeit

Wirtschaftswissenschaftliche Vertiefung (20 LP)

- Wirtschaftsinformatik Bachelor-Vertiefung Ausrichtung Informationsmanagement
- Wirtschaftsinformatik Bachelor-Vertiefung Decision Support
- Wirtschaftswissenschaftliche Bachelor-Vertiefung Ausrichtung Finanzwirtschaft
- Wirtschaftswissenschaftliche Bachelor-Vertiefung(Ausrichtung Marketing)
- Wirtschaftswissenschaftliche Bachelor-Vertiefung (Ausrichtung Organisation und Personal)
- Wirtschaftswissenschaftliche Bachelor-Vertiefung(Ausrichtung Produktion und Logistik)
- Wirtschaftswissenschaftliche Bachelor-Vertiefung Ausrichtung Unternehmensrechnung
- Wirtschaftswissenschaftliche Bachelor-Vertiefung Ausrichtung Volkswirtschaftslehre

Wahlpflichtbereich Maschinenbauvertiefung EVT/BVT (16 LP)

- Anlagenbau (MB)
- Auslegung und Anwendung mechanischer Verfahren
- Bioprozesstechnik 1
- Chemie- und Bioreaktoren 1 MB
- Chemische Reaktionstechnik
- Einführung in die Messtechnik
- Einführung in numerische Methoden für Ingenieure
- Einführung in Stoffwandlungsprozesse (BI)
- Elektrotechnik II für Maschinenbau
- Grundlagen der Brennstoffzellen
- Grundlagen der Energietechnik
- Grundlagen der Mechanischen Verfahrenstechnik (MB)
- Grundlagen der Strömungsmaschinen
- Grundlagen der Strömungsmechanik
- Grundoperationen der Fluidverfahrenstechnik (MB) 1
- Wärme- und Stoffübertragung

Fächerkatalog Master in der Energie- und Verfahrenstechnik

Maschinenbau
Allgemeine Pflichtfächer

- Modellierung und Numerik von Differentialgleichungen
- Nichttechnische Module (12LP)
  (Liste von Fächern liegt in der Fakultät Maschinenbau aus)
- Studienarbeit
- Masterarbeit

Vertiefungsrichtung Energie- und Verfahrenstechnik / Bioverfahrenstechnik

(54 LP, davon 34 aus Pflicht- und Wahlpflichtbereich sowie 20 LP aus Wahlbereich; mindestens 6 LP durch Labore)

Pflichtbereich

- Thermodynamik der Gemische
- Thermodynamik der Gemische mit Labor

Wahlpflichtbereich

- Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen
- Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen mit Labor
- Chemie- und Bioreaktoren 2
- Design Verfahrenstechnischer Anlagen
- Einführung in die Mehrphasenströmung
- Formulierungstechnik
- Formulierungstechnik mit Labor
- Introduction to Computer Aided Process Engineering
- Kultivierungs- und Aufarbeitungsprozesse
- Maschinen der mechanischen Verfahrenstechnik
- Methoden der Systembiotechnologie
- Mikroverfahrenstechnik
- Modellierung thermischer Systeme in Modelica
- Numerische Methoden der Partikeltechnik
- Numerische Simulation (CFD)
- Partikelsynthese
- Prozesstechnik der Nanomaterialien
- Prozesstechnik der Nanomaterialien mit Labor
- Thermodynamics and Statistics
- Wärme- und Stoffübertragersysteme
- Wärme- und Stoffübertragersysteme mit Labor

Wahlbereich

20 LP aus dem gesamten Modul-Pool „Grundlagen“ und „Anwendungen“ der Fakultät für Maschinenbau

Wichtig: von den 54 LP aus den Pflicht-, Wahlpflicht und Wahlbereich müssen mindestens 18 LP aus dem Modul-Pool „Grundlagen“ und mindestens 22 LP aus dem Modul-Pool „Anwendungen“ belegt werden.

Beispiele für Fächer für den Wahlbereich

(ergänzend zu im Wahlpflichtbereich aufgeführten Fächern; ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Energietechnik / Umweltschutztechnik

- Thermische Energieanlagen
- Regenerative Energietechnik
- Nukleare Energietechnik 1
- Nukleare Energietechnik 2
- Wärmetechnik der Heizung und Klimatisierung
- Mechanische und thermische Behandlung von Abfällen
- Risiko und Sicherheit großtechnischer Anlagen
- Klimaschutz, Energiewirtschaft, Technikbewertung
- Schutz der Erdatmosphäre
- Anlagen der Abwasser- und Abfallbehandlung und Lärmschutz
- Meteorologie

Strömungsmaschinen

- Einführung in die elementare Berechnung von Strömungsmaschinen
- Hydraulische Strömungsmaschinen
- Axiale / Thermische Strömungsmaschinen
- Messtechnische Methoden an Strömungsmaschinen

Modellierung / Simulation

- Simulation und Optimierung thermischer Energieanlagen
- Angewandte numerische Simulation fluiddynamischer Systeme
- Thermodynamik in chemischen Prozesssimulationen
- Objektorientierte Simulationsmethoden in der Thermo- und Fluiddynamik
- Einführung in MATLAB
- Software Engineering für Ingenieure

Antriebstechnik

- Grundzüge der Elektrischen Maschinen und Antriebe für Maschinenbauer
- Antriebstechnik
- Arbeitsprozess der Verbrennungskraftmaschine
- Großmotoren und Gasmotoren
- Alternativ-, Elektro- und Hybridantriebe
- Mobile Brennstoffzellenanwendungen

Werkstoffe

- Hochtemperatur- und Leichtbauwerkstoffe
- Keramische Werkstoffe/Polymerwerkstoffe

Projektmanagement

- Entwicklungs- und Projektmanagement
- Projektmanagement

Institut für Gebäude- und Solartechnik

Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. N. Fisch

Mühlenpfordtstr. 23
38106 Braunschweig
Tel.: (0531) 391–3555
Fax: (0531) 391-8125
Email: igs@tu-bs.de
http://www.tu-bs.de/institute/igs

Leitung	Prof. Dr.-Ing.	M. Norbert Fisch	391-3583
Sekretariat	Frau	Gudrun Schade	391-3555
Labor	Dipl.-Ing (FH)	Josef Plagge	391-3637
WissenschaftlicheMitarbeiter	Dipl.-Ing.	Lars Altendorf	391-3594
	Dipl.-Ing.	Tanja Beier	391-3592
	Dipl.-Ing. (FH)	Dörte Blenke	391-3554
	Dipl.-Ing.	Carsten Bremer	391-3556
	Dipl.-Ing.	Philipp Eickmeyer	391-3563
	Dipl.-Ing.	Holger Hammel	391-3596
	Dipl.-Ing. (FH)	Mike Heuer	391-3598
	Dipl.-Ing.	Volker Huckemann	391-3633
	Dipl.-Ing. (FH)	Henrik Langehein	391-3594
	Dipl.-Ing	Ernesto Kuchen	391-3594
	Dr.-Ing.	Lars Kühl	391-3553
	Dipl.-Ing.	Markus Peter	391-3555
	Dipl.-Ing.	Stefan Plesser	391-3584
	Dipl.-Ing.	Christian Saße	391-3557
	Dipl.-Kfm. (FH)	David Sauss	391-3555
	Dipl.-Ing.	Mathias Schlosser	391-3595
	Dipl.-Ing.	Herdis Schnürer	391-3587
	Dipl.-Ing.	Thomas Wilken	391-3634
	Dipl.-Ing.	Mani Zargari	391-3581
Lehrbeauftragter	Dipl.-Ing.	Wolfgang Müsch	391-3594

Lehrveranstaltungen des Instituts

LV-Bezeichnung	Form	SWS	Semesterturnus	Dozent(en)
Bauphysik	V	2	WS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Bauphysik	Ü	1	WS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Energie- und Klimadesign	V	2	WS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Energie- und Klimadesign am Entwurf	S	4	jedes Semester	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Gebäudesimulation für Architekten	V	2	WS	Dr.-Ing. L. Kühl,
Gebäudesimulation für Architekten	Ü	1	WS	Dr.-Ing. L. Kühl,
Gebäudetechnik I	V	2	WS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Gebäudetechnik I	Ü	1	WS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Gebäudetechnik II	V	2	SS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Gebäudetechnik II	Ü	1	SS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Lichtsimulation	B	2	SS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Schall und Raum	S	4	WS	Prof. Dr.-Ing. H. Goydke,
Solarenergie	V	2	SS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Technologie des Bauens	S	4	jedes Semester	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,
Thermische Gebäudesimulation	B	2	SS	Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch,

Inhalte der Lehrveranstaltungen

Bauphysik V
Die wesentlichen Themenbereiche der Bauphysik sind Wärme, Feuchte, Akustik und Licht. Dabei wird sowohl auf die physikalischen Grundlagen eingegangen, als auch auf die Planung, Detaillierung und Ausführung von Sanierungen und Neubauten. Ziel ist die Beherrschung von Auswahl und Dimensionierung notwendiger Wärmeschutz-Maßnahmen am Gebäude, die Vermeidung der Bauteile gefährdenden Beanspruchung durch Feuchte sowie die weitestgehende Nutzung von Tageslicht in Innenräumen.
Vorlesungsbegleitend wird eine Hausübung von den Studenten selbstständig bearbeitet. Deren Anerkennung ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Klausur. Die Klausur dauert 90 Minuten und wird am Ende des Semesters geschrieben.

Bauphysik Ü
Übungsthemen sind:
- Ökobilanz,
- Behaglichkeit,
- U-Wert,
- EnEV,
- Tageslicht,
- Akustik,
- Tauwasser.

Die Anerkennung der Hausübung ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Klausur. Diese

dauert 90 Minuten und wird am Ende des Semesters geschrieben.

Energie- und Klimadesign V
Ergänzend zu den in der Unterstufe vermittelten Kenntnissen in der technischen Gebäudeausrüstung werden in den Vorlesungen der Oberstufe Konzepte, Techniken und Beispiele für komplexere Bauvorhaben vermittelt. Inhalte sind Grundlagen der integralen Planung, Atrien und Doppelfassaden. Aktuellen Entwicklungen im Betrieb und der Versorgung von Nicht-Wohngebäuden werden anhand der Forschungsprojekte am IGS dargestellt.
Anerkennung:
Leistungsnachweis in (C) für Architekten bei Teilnahme am Seminar und als benotete Projektarbeit für Bauingenieure.

Energie- und Klimadesign im Entwurf S
Neben der Vorlesung besteht die Möglichkeit eine Theoriearbeit mit dem Schwerpunkt Energie- und Klimadesign zu belegen. Parallel zu einem geeigneten Entwurf wird das technische und energetische Design für ein Gebäude oder städteplanerischen Entwurf erarbeitet. Computergestützt werden Entwurfsentscheidungen mittels Simulationen überprüft. Die Abgabe ist jeweils zwei Monate nach Entwurfsende.
Anerkennung:
Wahlpflichtfach (Grundlagen/Vertiefung) in C oder D (nach Absprache)

Gebäudesimulation für Architekten V
Im Rahmen der Vorlesung wird das Zusammenspiel aus Entwerfen und Planen abgebildet. Kenntnisse der thermischen Gebäudesimulation sowie der Tageslichtsimulation werden vermittelt, das wissenschaftliche Vorgehen für die Erarbeitung und Präsentation von komplexen Problemstellungen erläutert.
Die Grundlagen des baulichen Wärmeschutzes und des Einsatzes der Technischen Gebäudeausrüstung zur Heizung, Lüftung und Kühlung/Klimatisierung von Gebäuden werden zusammenfassend dargestellt. Die Integration baulicher und anlagentechnischer Maßnahmen zu angepassten Energie- sowie Tages- und Kunstlichtkonzepten für Gebäude wird vermittelt.
Die Grundlagen der dynamischen Gebäude- und Anlagen- sowie der Tages- und Kunstlichtsimulation (Modellbildung, Funktionsweise, Parameterstudien, …) werden anhand ausgewählter Beispiele und Softwarewerkzeuge dargestellt.
Thermische Gebäude- und Tageslichtsimulationen sollen durchgeführt und die Ergebnisse bewertet werden können.
Anerkennung:
Wahlpflichtfach (Vertiefung)

Gebäudesimulation für Architekten Ü
Die Vorlesung wird durch Übungen zur praktischen Anwendung ausgewählter Simulationswerkzeuge vertieft. Die Anerkennung von zwei Übungen (thermische Gebäudesimulation und Tageslicht) ist Voraussetzung zur Teilnahme an der Abschlussprüfung.

Gebäudetechnik I V
Die Erzeugung und Verteilung von Wärme zur Deckung des Heizwärmebedarfs und des Energiebedarfs zur Warmwasserbereitung können auf unterschiedliche Weisen erfolgen. In der Vorlesung Gebäudetechnik I werden sowohl die konventionellen Systeme und deren Komponenten als auch Alternativen dazu, insbesondere die Kraft-Wärme-Kopplung und die Solartechnik, vorgestellt. Weitere Schwerpunkte bilden Systeme zur freien und kontrollierten Lüftung sowie Klimaanlagen. Hausübungen und Berechnungsbeispiele ergänzen die

vorgetragenen Erkenntnisse.
Am Ende des Semesters ist eine Hausübung abzugeben. Die Bearbeitung erfolgt in Gruppen zu drei Studenten. Eine Anerkennung der Hausübung Gebäudetechnik I und II ist Zulassungsvoraussetzung für die Teilnahme an der anschließenden Klausur. Die Klausur dauert 180 Minuten.

Gebäudetechnik I Ü
Die Vorlesung wird durch eine Hörsaalübung mit praktischen Vorführungen und Berechnungsbeispielen ergänzt. Folgende Themen werden zusätzlich in einer praktischen Hausübung vertieft:

- Gebäudeheizlast,
- Solarenergie,
- Warmwasserbereitung,
- Wohnungslüftung,...

Am Ende des Semesters ist eine Hausübung abzugeben. Die Bearbeitung erfolgt in Gruppen zu drei Studenten. Eine Anerkennung der Hausübung Gebäudetechnik I und II ist Zulassungsvoraussetzung für die Teilnahme an der anschließenden Klausur. Die Klausur dauert 180 Minuten.

Gebäudetechnik II V
Die Vorlesung Gebäudetechnik II beschäftigt sich umfassend mit den Themenbereichen der Sanitärtechnik, der Elektrizitätsversorgung sowie der Beleuchtungstechnik. Neben der Trinkwasserversorgung und herkömmlichen Abwassersystemen werden Möglichkeiten der dezentralen Abwasseraufbereitung, der Regenwasserversickerung sowie der Grau- und Regenwassernutzung vertieft behandelt. Während der Komplex der Elektrizitätsversorgung die Grundlagen der Erzeugung und Nutzung elektrischen Stromes darlegt, wird im Rahmen der Beleuchtungstechnik der Vielfalt an Leuchten und Leuchtmitteln Rechnung getragen.
Am Ende des Semesters ist eine Hausübung abzugeben. Die Bearbeitung erfolgt in Gruppen zu drei Studenten. Eine Anerkennung der Hausübung Gebäudetechnik I und II ist Zulassungsvoraussetzung für die Teilnahme an der anschließenden Klausur. Die Klausur dauert 180 Minuten.

Gebäudetechnik II Ü
Die Vorlesung wird durch eine Hörsaalübung mit praktischen Vorführungen und Berechnungsbeispielen ergänzt. Folgende Themen werden zusätzlich in einer praktischen Hausübung vertieft:

- Sanitär- und Abwasserplanung,
- Versickerung,
- Elektro,
- Beleuchtung...

Am Ende des Semesters ist eine Hausübung abzugeben. Die Bearbeitung erfolgt in Gruppen zu drei Studenten. Eine Anerkennung der Hausübung Gebäudetechnik I und II ist Zulassungsvoraussetzung für die Teilnahme an der anschließenden Klausur. Die Klausur dauert 180 Minuten.

Schall und Raum S
Die Akustik-Vorlesung Schall und Raum wird von Prof. Goydke gehalten und für Studierende der Architektur nach dem Grundstudium angeboten. Nach Vermittlung von Grundlagen werden Werkzeuge zur "raum- und bauakustischen Simulation" dargestellt. Die praktische Anwendung wird beispielhaft mit den Programmpaketen "CATT" und "BASTIAN" für eigene

Entwurfsaufgaben der Studierenden durchgeführt.
Das Seminar Schall und Raum findet jeweils mit 2 SWS im Winter- und Sommersemester statt.
Anerkennung:
Wahlpflichtfach (Vertiefung) in C

Solarenergie V
Die Sonne als unerschöpflicher Energielieferant - Potenziale und Nutzungsstrategien. Der weltweite Bedarf an fossilen Brennstoffen für Mobilität, Industrie und Raumheizung nimmt stetig zu. Knapper werdende Ressourcen lassen die Kosten steigen, ein Verteilungskampf um Öl und Gas hat längst begonnen.
Alternative Versorgungskonzepte für die Zukunft müssen erforscht und entwickelt werden. Im Rahmen der Vorlesung werden Komponenten und Techniken zu aktiven Nutzung von Sonnenenergie vorgestellt. Die Integration der Konzepte in das energetische Design und den Gebäudeentwurf stehen dabei im Vordergrund.
Anerkennung:
Leistungsnachweis in (C) bei Teilnahme an der Klausur am Ende der Vorlesungsreihe (90 Minuten)

Technologie des Bauens S
Im Rahmen einer Theoriearbeit besteht die Möglichkeit parallel zu laufenden Forschungsprojekten am IGS (EVA, TwinSkin, WKSP, PROsab) innovative Gebäude hinsichtlich ihrer Energiekonzeptionen und Energieeffizienz zu analysieren. Schwerpunkt zum Thema Bürolüftung, Tageslicht am Arbeitsplatz oder Stromverbrauch sind denkbar.
Darüber hinaus können Themen frei gewählt werden.
Anerkennung:
Wahlpflichtfach (Grundlagen/ Vertiefung) in C oder D (nach Absprache)

Arbeits- und Forschungsgebiete des Instituts

Der Kernbereich der Forschung zur Entwicklung, Umsetzung und Evaluierung von Energiekonzepten für Neubau-Bürogebäude sowie der energie- und komfortgerechten Sanierung von Bestands-Bürogebäuden wurde am IGS seit dem Jahr 2002 kontinuierlich ausgebaut. Die Arbeiten auf dem Gebiet der primärenergieoptimierten Wärme-, Kälte- und Stromversorgung von Wohn- und Bürogebäuden wurden in entsprechenden Forschungsvorhaben (Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich von Bürogebäuden, CO_2-neutrale Wärmeversorgung von Wohnsiedlungen, primärenergetisch optimiertes Wärmeversorgungssystem für Niedrigstenergie-Wohngebäude,…) aufgenommen bzw. weitergeführt.
Insbesondere für den Bereich der Bürogebäude erfolgt eine Ergänzung der Evaluierungsprojekte durch technisch orientierte Vorhaben (Dezentrale Lüftungsanlagen in Bürogebäuden, Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich von Bürogebäuden). Hierdurch soll die Kompetenz des IGS im Bereich Konzeption, Planung und Betrieb energieeffizienter Bürogebäude ausgebaut werden.
Nachfolgend sind die Themenschwerpunkte der Forschungsarbeit mit den bearbeiteten Projekten aufgelistet.

(A) Energie- und komfortgerechte Gebäude-Sanierung / Evaluation
- Sanierung Hochhaus „BS 4“ der TU Braunschweig
- Energie- und komfortgerechte Sanierung Herzog-Anton-Ulrich-Museum „HAUM“
- PROsab – Energieeffiziente und komfortgerechte Sanierung von Bürogebäuden der 50er bis 70er Jahre

- Sanierung des WenYuan-Gebäudes an der Tongji-Universität, Shanghai
- EVA - Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude
- TwinSkin – Doppelfassaden auf dem Prüfstand
- Energie-Monitoring der VW-Bibliothek der TU- und der UdK-Berlin

(B) Niedrigstenergie-Büro-/Verwaltungsgebäude

- Neubau des Informatikzentrums der TU Braunschweig
- Zentrum für Zukunftsenergien, Berlin
- Neubau Regionshaus Hannover
- Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich energieeffizienter Bürogebäude

(C) Solarenergienutzung

- Solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicher
- Niedrigenergie-Siedlung Buchholz-West
- CO_2 - neutrale Wärmeversorgung für Wohnsiedlungen

(D) Heizungs- und Lüftungssysteme für Niedrigstenergie-Gebäude

- Heiz- und Lüftungssysteme für Niedrigstenergie-Gebäude
- Wärmeversorgungssysteme mit CO_2-Wärmepumpe

Schwerpunkte der Forschungstätigkeit des Institutes sind damit die Entwicklung von Maßnahmen und Strategien zur Energie- und CO_2-Einsparung im Gebäudebestand, die Entwicklung nachhaltiger und innovativer ressourcenschonender Energiekonzepte für Siedlungen und Bürogebäude sowie die Entwicklung primärenergetisch optimierter Energieversorgungssysteme für Gebäude und Siedlungen.
Mit aktuell in Vorbereitung befindlichen Forschungsanträgen zur energie- und komfortgerechten Sanierung von Schulen und Museumsbauten soll das Tätigkeitsfeld des Instituts auch auf den Bereich Zweckbauten ausgebaut werden.

Forschungskooperationen

Neben der Kooperation mit Universitätseinrichtungen wie dem Institut für Entwicklungsplanung und Siedlungswesen, dem Institut für Baukonstruktionen und Industriebau, dem Institut für Wärme- und Brennstofftechnik, dem Institut für Thermodynamik, dem Forschungskreis Solarenergie an der TU Braunschweig sowie dem Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik an der Universität Stuttgart erfolgt vor allem im Rahmen der Drittmittelforschung eine intensive Zusammenarbeit mit Wirtschaftsunternehmen z.B. aus dem Bereich Solartechnik und der Fraunhofergesellschaft. Über die gemeinsame Projektarbeit mit dem Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik, Stuttgart sind weiterhin Synergien durch den Know-How-Transfer zwischen baulicher Praxis und der Wissenschaft gegeben. Ergebnisse aus der Projektarbeit zu gebäudetechnischen, bauphysikalischen sowie insbesondere umweltrelevanten Fragestellungen werden direkt in den Vorlesungen der Ober- und Unterstufe weitergegeben. Internationale Kooperationen erfolgen z.B. im Rahmen der Teilnahme an den IEA Arbeitsgruppen IEA SH&C Task 26 „Solar Combisystems“ und IEA ECBCS Annex 37 „Low exergy systems for heating and cooling of buildings“, Exergy. Im Rahmen der Bearbeitung des Projektes „Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich von Bürogebäuden - WKSP nimmt das IGS am Annex 20 der International Energy Agency (IEA) teil. Prof. Dr.-Ing. Fisch hat im Sommer 2004 im Rahmen eines Forschungssemesters in den USA das zur Carnegie Mellon University, Pittsburgh, gehörende „Center for Building Performance and Diagnostic“ als Kooperationspartner gewonnen. Anfang 2006 hat das IGS einen Kooperationsvertrag mit der Tongji-Universität in Shanghai zur Sanierung des im Bauhausstil errichteten College of Architecture and Urban Planning abgeschlossen. Diese Kooperationen führen zu einer

Internationalisierung der Lehre und Forschung und damit zu einer verbesserten Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses.
Es erfolgt eine gemeinsame Betreuung von Entwurfs-, Studien- und Diplomarbeiten mit Instituten aus den Bereichen Bauingenieurwesen und Maschinenbau (Prof. Leithner). Die Vertiefungsfächer im Hauptstudium werden ebenso von den Studenten des Bauingenieurwesens besucht.

Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen

Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. W.-R. Canders
Prof. Dr.-Ing. J. Meins

Hans-Sommer-Str. 66
38106 Braunschweig
Tel.: (0531) 391–3913
Fax: (0531) 391-5767
Email: **info@imab.de**
http://www.imab.de

Professoren:	Prof. Dr.-Ing. W.-R. Canders	
	Prof. Dr.-Ing. J. Meins	
	Prof. em. Dr.-Ing. Dr.h.c. H. Weh	
	Prof. a.D. Dr.-Ing. H. Eckhardt	
Sekretariat:	Frau B. Tiedge	391 - 3913
	Frau P. Hansmann	391 - 3916
	Frau R. Höfermann	391 - 3917
Leitende Angestellte:	Dr.-Ing. H. Mosebach	391 - 3901
	Dr.-Ing. G. Tareilus	391 - 3900
Wissenschaftliche Mitarbeiter:	Dipl.-Ing. G. Bühler	391 - 3902
	Dipl.-Ing. R. Czainski	391 - 3908
	Dipl.-Ing. A. Guetif	391 - 3905
	Dipl.-Ing. F. Hinrichsen	391 - 3904
	Dipl.-Ing. J. Hoffmann	391 - 3902
	Dipl.-Ing. P. Hoffmann	391 - 3909
	Dipl.-Ing. I. Koch	391 - 3908
	Dipl.-Ing. H. May	391 - 3911
	Dipl.-Ing. W. Niemann	391 - 7906
	Dipl.-Ing. M. R. Rezaei	391 - 3906
	Dipl.-Ing. F. Turki	391 - 3907
	Dipl.-Ing. I. Verde	391 - 3909
	Dipl.-Wirtsch.-Ing. H. Wöhl-Bruhn	391 - 3906
	M.S. Sung-In. Jeong	391 - 3905

Lehrveranstaltungen des Institutes

Wintersemester		Sommersemester	
Grundlagen der elektrischen Energietechnik	4V/1Ü	Elektromechanische Energieumformung I	2V/1Ü
Grundzüge der elektrischen Maschinen und Antriebe für Maschinenbauer	2V/1Ü	Elektrische Fahrzeugantriebe und neue Verkehrstechniken	3V/1Ü
Leistungselektronik 1	2V/1Ü	Drehstromantriebe und deren Simulation	3V/1Ü
Elektromechanik	2V/1Ü	Grundlagen der Leistungselektronik	2V/1Ü
Elektrische Ausrüstung von Schienenfahrzeugen	1V		
Labore			
Leistungselektronik Praktikum	2Ü	Aufbaupraktikum Elektrische Maschinen	2Ü
Übersichtspraktikum 5. Semester	4Ü		
Studentische Arbeiten			
Seminarvorträge, Studienarbeiten, Diplomarbeiten			

Inhalte der Vorlesungen

Grundlagen der Elektrischen Energietechnik (Pflichtfach) – Prof. Canders WS 4V 1Ü

(gemeinsam mit Prof. Kurrat)
Der von Prof. Canders vertretene Anteil beinhaltet:
Elektromechanische Energieumformung
Behandlung elektromechanischer Wandler mit der Energiemethode
Kraftwirkungen im magnetischen Feld
- Beschreibung der Grundtypen von Gleichstrommaschine, Synchron- und Asynchronmaschine
Dreh- und Wanderfelder
Berechnung des Betriebsverhaltens mit Hilfe von Maschinenmodellen
Anwendungsbeispiele
Einführung in Spezialmaschinen

Grundzüge der Elektrischen Maschinen und Antriebe
für Maschinenbauer – Prof. Meins WS 2V 1Ü

Magnetischer Kreis
Transformator
Gleich- und Drehstrom
Motorschutz

Stromrichtergespeiste Maschinen
Stromrichtergrundschaltungen
Elektrische Antriebe

Leistungselektronik I – Prof. Meins **WS 2V 1Ü**

Schaltungen der Leistungselektronik
Schaltnetzteile
Power Factor Correction
Netzrückwirkungen
Oberschwingungen
Steuerverfahren
Pulsmuster

Elektromechanik – Prof. Meins **WS 2V 1Ü**

Grundlagen Wechselstrom
Magnetkreisberechnung
Gleichstrommaschinen
Dreh- und Wanderwellen
Synchron- / Asynchronmaschinen
Elektronische Schalter
Linearmotoren
Magnetische Lager / Aktoren

Elektromechanik – Prof. Meins **WS 2V 1Ü**

Grundlagen Wechselstrom
Magnetkreisberechnung

Elektrische Ausrüstung von Schienenfahrzeugen –
Lehrbeauftragter Dr. B. Engel **WS 1V**

Elektrische Traktion, Bremsen, Hilfsbetriebe
Signal- und Sicherungsbetriebe, Leittechnik, Steuerung und Diagnose
Fahrgastinformation und Multimedia
Zukünftige Entwicklungen

Leistungselektronik-Praktikum – Prof. Meins **WS 2Ü**

Gleichstromsteller
Stromrichter-Synchronmotor
Numerische Simulation eines 3-phasigen Wechselrichters
DSP-Controllergesteuerte Synchronmaschine
Power Factor Correction

Übersichtspraktikum 5. Semester **WS 4Ü**

(gemeinschaftlich alle Institute des Fachbereichs 8)
Pflichtlabor IMAB: Gleichstrommaschine

Sommersemester:

Elektromechanische Energieumformung I – Prof. Canders **SS 2V 1Ü**

Drehzahlstellung von elektrischen Maschinen
Grundschaltungen von Stromrichtern für Antriebe
Maschinensätze
Parasitäre Erscheinungen bei elektrischen Maschinen (Oberwellen, Sättigung)
Ausgleichsvorgänge (dynamische Überlastbarkeit, Stoßkurzschluss, Pendelungen)

Elektrische Fahrzeugantriebe und Neue Verkehrstechniken – Prof. Canders **SS 3V 1Ü**

Grundlagen (Fahrwiderstände, Kraftübertragung)
Antriebslösungen von Schienenfahrzeugen
Elektrotraktion für Straßenfahrzeuge
Energiespeicher (elektrochemisch, kinetisch)
Systembeispiele zur Elektrotraktion
Neue Technologien im öffentlichen Nahverkehr
Trag- und Führelemente der neuen Technologien
Antriebselemente, integrierte Magnetschwebetechnik

Drehstromantriebe und deren Simulation – Prof. Canders **SS 3V 1Ü**

Übersicht über Anforderungen an die Antriebstechnik
Aufbau und Merkmale verschiedener Antriebsmaschinen
Wechselwirkungen zwischen Stromrichter und Antriebsmaschine
Eigenschaften von Leistungshalbleitern (Thyristoren, Transistoren, GTOs, IGBTs)
Unkonventionelle Maschinen
Beispiele ausgeführter Antriebe
Dimensionierungsbeispiele
Analysemethoden für elektromechanische Wandler
Rechnersimulation von Stromrichterschaltungen
Kopplung zwischen elektrischen und mechanischen Größen
Hinweise auf FE-Magnetfeldanalysen
Simulation wechselrichtergespeister Antriebe

Leistungselektronik – Prof. Meins **SS 2V 1Ü**

Bauelemente und Grundschaltungen der Leistungselektronik
Gleich- und Wechselrichter
Gleichstromsteller
Netzgeführte Stromrichterschaltungen
Selbstgeführte Stromrichterschaltungen
Kommutierungsvorgänge
Blindleistungsbedarf

Aufbaupraktikum Elektrische Maschinen – Prof. Canders **SS 2Ü**

Asynchronmaschine
Vollpol-Synchronmaschine

Wirkungsweise und Anwendungen von Hochtemperatur-Supraleitern (HTSL)
Geregelte Elektro- und Permanentmagnete für die Magnetschwebetechnik
Wechselrichtergespeiste Asynchronmaschine
Linearantriebe für Werkzeugmaschinen

Arbeitsgebiete des Institutes

1. Elektrische Maschinen

- Auslegung, Berechnung und Simulation von innovativen elektrischen Maschinen und Aktuatoren
  - Asynchronmaschinen
  - Synchronmaschinen, Reluktanzmaschinen
  - Permanenterregte Synchronmaschinen, rotierend und linear (Beispiel Transrapid)
  - Elektromagnetische Aktuatoren und Stellglieder
- FE-Analyse von Maschinen (magnetisch, thermisch)
- Vermessung von Maschinen auf Prüfständen
- Vergleichende Betrachtung von Maschinentypen für einen Einsatzzweck
- Elektrische Fahrzeugantriebe
- Hybridfahrzeugantriebe

2. Leistungselektronik

- Auslegung und Bau von Stromrichtern inkl. der Regelung
- IGBT-Frequenzumrichter
- Steller und Schaltnetzteile
- Resonanzwechselrichter (ARCPI)
- Berührungslose Energieübertragung
- Schaltungen mit Siliziumkarbid- (SiC) Halbleitern

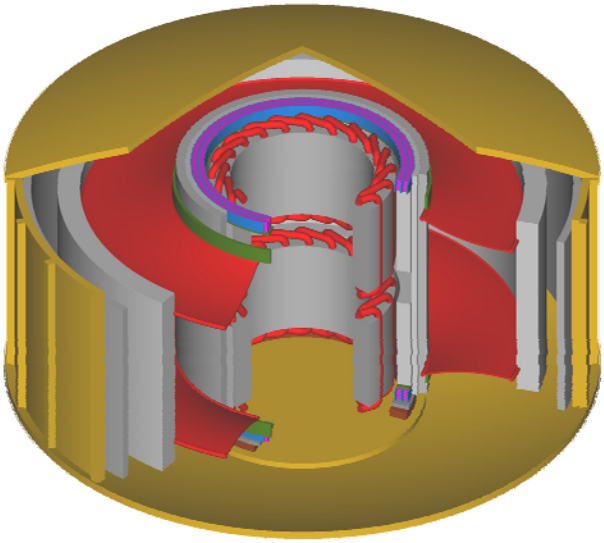
3. Schwebetechnik

- Magnetisches Schweben
  - Aktive Magnetlager
  - Passive Magnetlager
  - Passive Magnetlager mit Hochtemperatur Supraleitern (HTSL)
- Hochtemperatur Supraleiter
  - FE Berechnungen zur Ermittlung der Levitationskräfte
  - Auslegung und Konstruktion von Lagern
  - Feld- und Kraftmessungen an HTSL

Auswahl von Arbeitsgebieten am IMAB

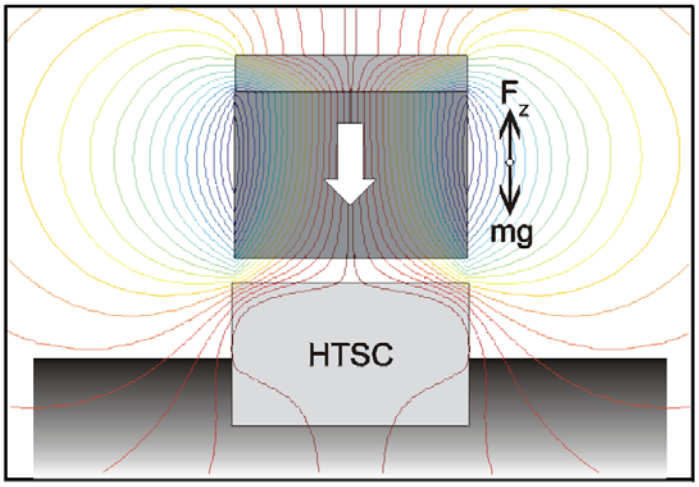
Schwungmassenspeicher „Dynastore“

Im Rahmen eines Leitprojektes des Bundeswirtschaftsministeriums wurde ein „Energiesparender Schwungradspeicher mit HTcSL-Magnetlager“ entwickelt. Im Wesentlichen besteht der Schwungradspeicher aus einem großen CFK-Ring, der als kinetischer Energiespeicher bis zu Umfangsgeschwindigkeiten von ca. 800 m/s in einem Vakuum-Sicherheitsbehälter betrieben wird. Zur Einbringung und Auskopplung der Energie ist im Innenbereich des CFK-Schwungrings eine elektrische Motor/Generatoreinheit integriert. Zur berührungsfreien Aufhängung des schnell rotierenden CFK-Ringes wurde ein supraleitendes Umfangslager entwickelt, bei dem die Erregereinheiten als Sammleranordnungen oben und unten in den Schwungring integriert sind. Die Supraleiter sind mit einem Kupferkaltkopf über eine mechanisch feste aber thermisch entkoppelnde GFK-Koppelstruktur mit dem Vakuumbehälter fest verbunden. Diese Supraleitereinheit ist ihrerseits durch eine möglichst dünne Superisolation gegen externe Wärmeeinträge abgeschirmt.



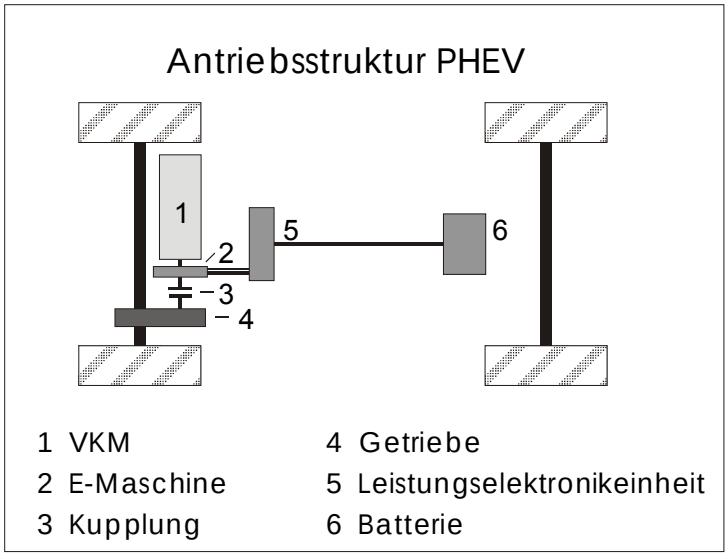
Supraleitende Magnetlager für hochtourige Anwendungen

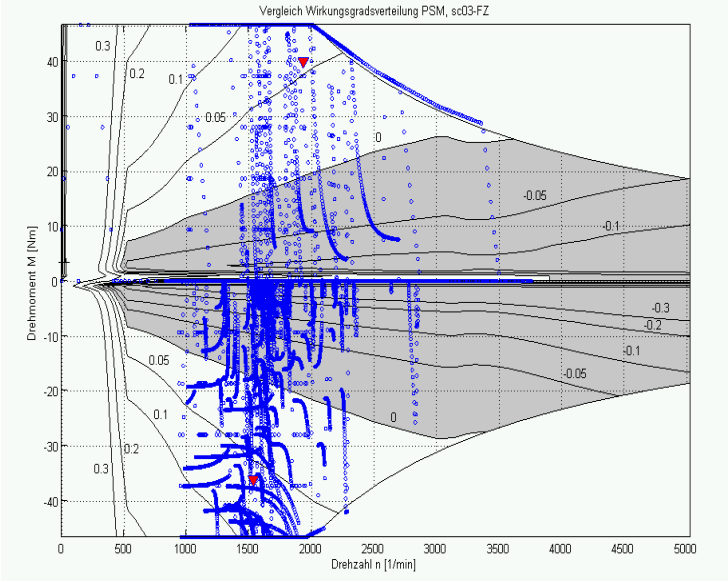
Das supraleitende Magnetlager ist eine sehr viel versprechende Anwendung für Hochtemperatur-Supraleiter (HTSL/ engl. HTSC). Es basiert auf der wechselwirkenden Kraft zwischen einem Erregersystem und HTSC-Elementen. Kontaktfreier Lauf, prinzipbedingt stabile Lagerung vom Stillstand bis zu höchsten Relativgeschwindigkeiten sind die besonderen Vorzüge dieser Lagerung. Daraus resultieren Vorteile wie Verschleißfreiheit, Verzicht auf Regelungs- und Sensoreinheiten, hohe Zuverlässigkeit und keine EMV-Problematik. Von besonderem Interesse ist der Einsatz in Hochgeschwindigkeitsanwendungen wie z. B. Turbomaschinen, rotierenden Energiespeichern sowie planaren Transportsystemen. Eine besonders gute Eignung für Anwendungen im Reinraum- und Vakuumbereich ergibt sich aus dem Funktionsprinzip. Aufgrund ihrer Robustheit und Zuverlässigkeit stellen diese Lager eine fortschrittliche Alternative zu aktiven magnetischen Lagerungen dar.



Elektrische Maschine im Hybridantrieb

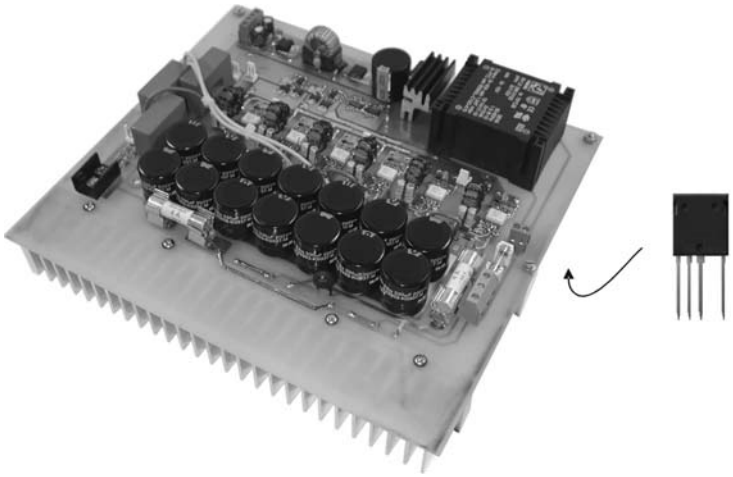
Analysen sagen eine deutliche Zunahme des Verkehrsaufkommens in den kommenden Jahren voraus, die insbesondere in der Zunahme des Individualverkehrs in Erscheinung treten wird. Die Konsequenz daraus wäre eine weitere Zunahme des CO2-Ausstoßes nicht nur in den Ballungsräumen unserer Städte. Hybridfahrzeuge (HEV = Hybrid Electric Vehicle) können einen beachtlichen Beitrag zur CO2-Reduzierung liefern. Parallelhybridfahrzeuge (PHEV) verbinden eine Verbrennungskraftmaschine (VKM) mit einer elektrischen Maschine, die als Nebenaggregat, bzw. am Getriebeein- oder Getriebeausgang platziert sein kann. Weiterführende Konzepte beinhalten die Integration der E-Maschine in das Getriebe, wobei über einen Leistungssplit nicht nur eine Lastpunktanhebung, sondern zusätzlich eine - in einem weiten Bereich variable - Drehzahlanpassung der VKM möglich ist. Kernkomponente ist hierbei die elektrische Maschine selbst und deren Einbindung sowie Peripherie. Messungen an HEVs.





Siliziumkarbid - Halbleiterschalter

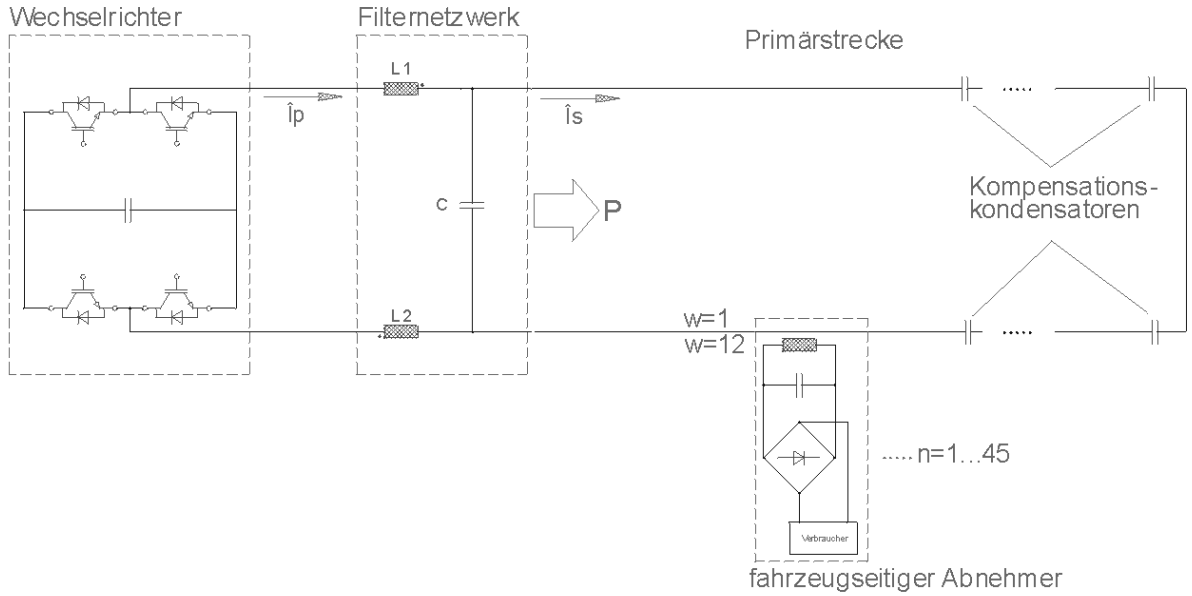
Die wachsende Nachfrage nach leistungselektronischen Systemen bringt neue Anforderungen an die elektrischen Bauteile mit sich. Gerade leistungselektronische Anwendungen im Automotive-Bereich stellen höchste Ansprüche an die hierfür benötigten Halbleiter. Diese sollen hohe Wirkungsgrade durch geringe dynamische und statische Verluste aufweisen und höhere Betriebstemperaturen gegenüber konventionellen Silizium-(Si)-Halbleitern ermöglichen. Des Weiteren sollen die Baugruppen in solchen Anwendungsbereichen ein geringes Gewicht haben und ein kleines Bauvolumen in Anspruch nehmen, wobei die resultierenden Systemkosten möglichst gering gehalten werden müssen. Herausragende Eigenschaften des Halbleitermaterials Siliziumkarbid (SiC) ermöglichen hierfür attraktive Leistungshalbleiter-



bauelemente auf Basis der etablierten und fortgeschrittenen Si-Technologie. Nachdem SiC-Schottkydioden bereits als kommerzielles Serienprodukt verfügbar waren, folgten vielfältige Lösungsansätze für SiC-Leistungsschalter. Hierbei hat sich der Vertical Junction Field Effect Transistor (VJFET) als eine marktreife SiC-Halbleiterstruktur herauskristallisiert. Die herausragenden Materialeigenschaften von SiC als Basismaterial für Leistungshalbleiter machen den Einsatz solcher Bauteile prinzipiell in allen Anwendungsbereichen möglich. Da jedoch die hohen Kosten mittelfristig nicht nachhaltig senkbar sind, müssen für einen gerechtfertigten Einsatz die Bauteileigenschaften im Gesamtsystem zu Kosten- oder Performancevorteilen führen. SiC-Bauteile scheinen prädestiniert zu sein für besondere Anforderungen wie hohe Sperrspannungen, hohe Taktfrequenzen oder hohe Betriebstemperaturen. Hierbei werden minimale Durchlass- und Schaltverluste und somit ein maximaler Wirkungsgrad prognostiziert. Dieses bringt neben einer möglichen Verringerung des Kühlaufwands noch nicht abschätzbare Einsparungen bei zusätzlichen Bauteilen, wie beispielsweise Snubber und Filter, mit sich.

Berührungslose Energieübertragung

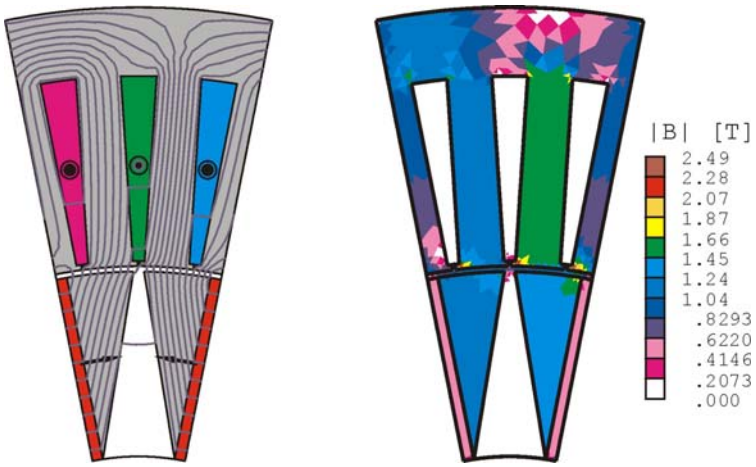
Jedes bewegliche Gerät, das eine externe Energieversorgung braucht, wird herkömmlicherweise mit Schleppkabel oder Schleifkontakten gespeist. Beide Versorgungsvarianten benötigen Wartung und stellen in der Regel eine Begrenzung in der Bewegungsfreiheit dar. Eine



berührungslose Energieübertragung ist dagegen aufgrund der galvanischen Trennung sicherer und wartungsfrei. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, auch Daten berührungslos über diese Strecke übertragen zu können. Die momentanen Entwicklungsziele bei der berührungslosen Energieübertragung sind die Minimierung der Verluste und die Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit.

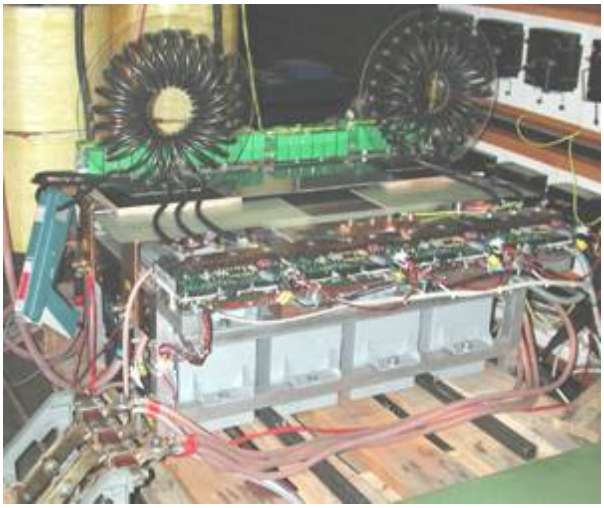
Permanentmagneterregte feldschwächbare Synchronmaschinen

Permanentmagneterregte Synchronmaschinen werden in den letzten Jahren immer häufiger für vielfältige Antriebsaufgaben verwendet. Da sich durch den Verzicht auf Erregerwicklungen die Stromwärmeverluste im Erregerteil der Maschine und die verschleißbehafteten Stromzuführungselemente vermeiden lassen, zeichnen sich die permanentmagneterregten Synchronmaschinen durch eine optimale Ausnutzung und guten Wirkungsgrad aus. Bei den permanentmagneterregten Synchronmaschinen ist die Erregung konstant und damit ein „Feld-

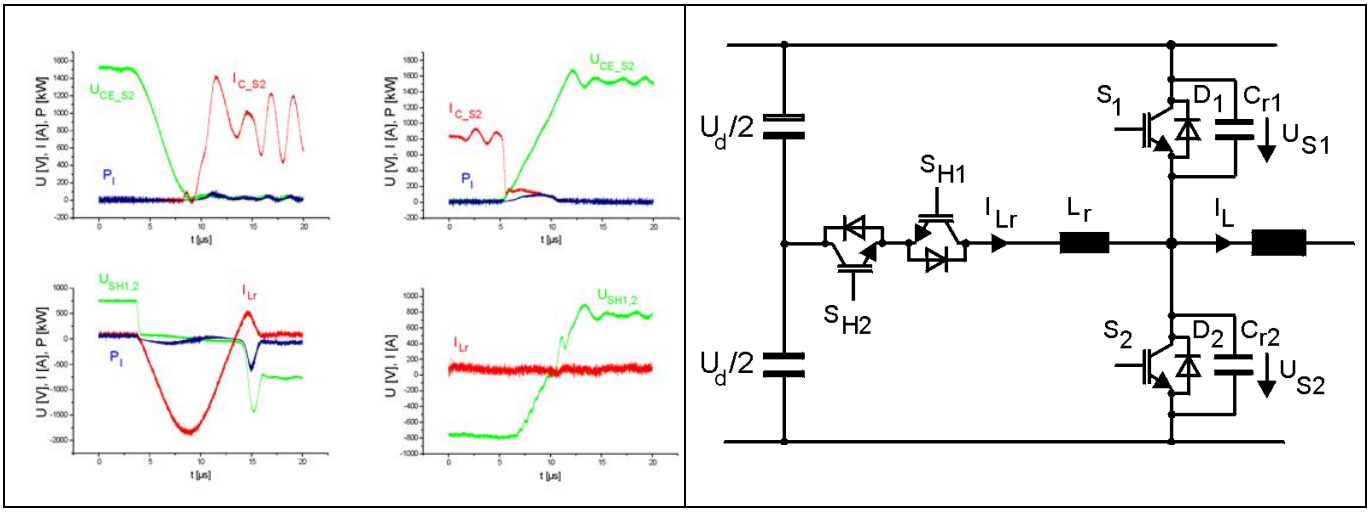


schwächbetrieb“ im eigentlichen Sinne grundsätzlich nicht möglich. Dies führt zu einer Proportionalität zwischen induzierter Spannung und Drehzahl, aber es ist noch möglich, durch eine Stromkomponente in der Längsachse das Polradfeld teilweise zu kompensieren und damit den Drehmoment-Drehzahlbereich zu erweitern. Dies kann als Phasenschwenkung des Strombelags gegenüber der Feldwelle um einen Schwenkwinkel dargestellt werden. Im Vergleich zu den herkömmlichen Synchronmaschinen, bei denen ein Betrieb mit konstanter Leistung bei variabler Drehzahl über einen bestimmten Drehzahlbereich erreicht wird, ist Feldschwächbetrieb bei permanentmagneterregten Synchronmaschinen begrenzt. Um einen breiten Feldschwächbereich bei permanentmagneterregten Synchronmaschinen zu erreichen, sollten bereits bei der Auslegung des magnetischen Kreises bestimmte Maßnahmen getroffen werden (Festlegung des Maschinentyps). So ist für die Auslegung des magnetischen Kreises der Typenpunkt mit dem Maximalmoment maßgeblich.

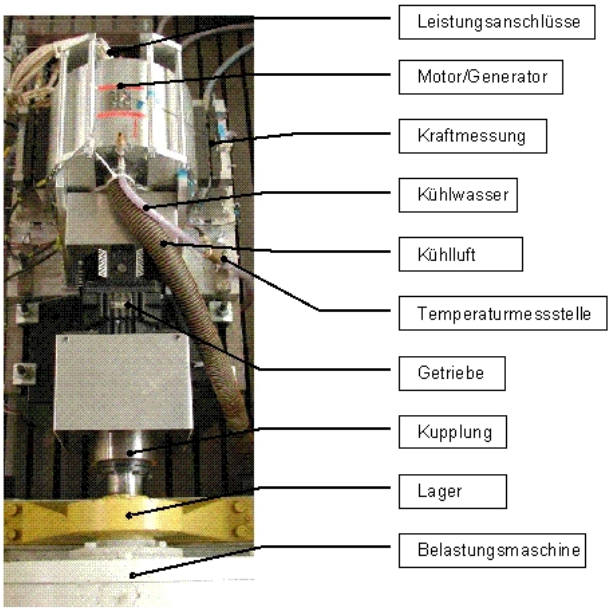
Resonanzwechselrichter (ARCPI)



In den letzten Jahren werden vermehrt IGBTs statt GTOs in Mittelspannungsumrichtern eingesetzt, denn sie bieten die von den Niederspannungs-IGBTs her bekannten Vorteile wie einfache Ansteuerbarkeit und Betrieb ohne Entlastungsnetzwerke. Allerdings sind die Schaltverluste der Hochvolt-IGBTs, verglichen mit Niedervolt-IGBTs der gleichen Leistungsklasse, beispielsweise mit der halben Sperrspannung und der doppelten Stromtragfähigkeit, relativ hoch. Daher sinkt die Stromtragfähigkeit bei Schaltfrequenzen von einigen Kilohertz auf inakzeptabel kleine Werte. Dies macht den Bau von schnell schaltenden Hochvolt-Umrichtern unwirtschaftlich. Solche Umrichter werden aber für hochpolige und hochtourige Drehstrommaschinen benötigt, die z. B. in Schwungradspeichern, Windkraftanlagen oder Traktionsanwendungen eingesetzt werden. Untersuchungen am Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen haben gezeigt, dass es möglich ist, 3,3 kV-IGBTs in einer ARCPI-Struktur (Auxiliary Resonant Commutated Pole Inverter) mit Frequenzen von bis zu 5 kHz zu schalten, ohne die Stromtragfähigkeit nennenswert einzuschränken.



Reluktanzmaschine



Zur Ein- und Auskopplung von Energie in rotierenden Speichern bieten sich Maschinentypen an, die im Leerlauf annähernd verlustfrei betrieben werden können. Diese Bedingung wird z. B. von Asynchronmaschinen erfüllt. Aus der Gruppe der statorerregten Synchronmaschinen kommen vor allem Switched-Reluctance-Maschinen (SRM) in Betracht. Auf Grund ihres relativ einfachen und stabilen passiven Rotoraufbaus weisen sie eine kleine Trägheitsmasse auf und können für diesen Anwendungsfall vorteilhaft bis zu höchsten Drehzahlen betrieben werden. Am IMAB wurde eine SRM mit einer Nennleistung von P = 100 kW, 10000 1/min für den Einsatz mit einem Schwungmassenspeicher berechnet, gebaut und in Betrieb genommen. Nach vielen Vorversuchen zur Entwicklung des günstigsten Steuerverfahrens kam es im Rahmen dieser Versuche zum erstmaligen Probelauf im vorgesehenen Nennbetrieb und zur Aufnahme der entsprechenden Messwerte zum Nachweis der geforderten Eigenschaften.

Aktuelle Themen für Seminarvorträge, Studien- und Diplomarbeiten sind unter www.imab.de zu finden.

Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen HTEE

Technische Universität Braunschweig **Schleinitzstraße 23**
Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat 38106 Braunschweig
Tel.: (0531) 391–7737
Fax: (0531) 391-8106
Email: hochspannungstechnik@tu-bs.de
http://www.htee.tu-bs.de

Vorstand:	Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat (geschäftsführender Leiter)	
Professoren im Ruhestand	Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hermann Kärner	
	Prof. i. R. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer	
	Prof. i. R. Dr.-Ing. Jürgen Salge	
Honorarprofessoren:	Prof. Dr.-Ing. Bernhard von Gersdorff	
	Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dieter Kind	
Lehrbeauftragte:	Dr.-Ing. Hartmut Knobloch	
	Dr.-Ing. Harald Waitschat	
	Dr.-Ing. Gerald Newi	
Sekretariat:	Christine Nardmann	391 - 7737
Wissenschaftlicher Angestellter:	Dr.-Ing. Ulrich Braunsberger	391 - 7702
Akademischer Oberrat:	Dr.-Ing. Ernst-Dieter Wilkening	391 - 7736
Wissenschaftliche Mitarbeiter:	Dr.–Ing. Vladimir Ermel	391 - 7701
	Dipl.-Wirtsch.Ing. Gunnar Bärwaldt	391 - 7739
	Dipl.-Ing. Tobias Braunsberger	391 - 7741
	Dipl.-Ing. Michael Budde	391 - 7748
	Dipl.-Wirtsch.Ing. Benjamin Deppe	391 - 7756
	M. Sc. Nassipkul Dyussembekova	391 - 7760
	Dipl.-Ing. Arkadiusz Dziubek	391 - 7740
	M. Sc. Nasser Hemdan	391 - 7721
	Dipl.-Ing. Alexander Henning	391 - 7759
	Dipl.-Ing. Florian Körner	391 - 7703
	Dipl.-Ing. Alexandra Mutzke	391 - 7745
	Dipl.-Wirtsch.Ing. Magnus Pielke	391 - 7704
	Dipl.-Ing. Christian Wolf	391 – 7742

Lehrveranstaltungen des Instituts

Wintersemester		Sommersemester	
Grundlagen der elektrischen Energietechnik	4V/1Ü	Rechnerpraktikum Numerische Berechnungsverfahren	2Ü
Numerische Berechnungsverfahren	2V/1Ü	Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauer	2V/1Ü
Plasmatechnik	2Ü	Hochspannungstechnik I	2V/1Ü
Hochspannungstechnik II	2V/1Ü	Energiewirtschaft im Wandel-Auswirkung der Liberalisierung	2V
Elektrische Energiewirtschaft und Kraftwerke	2V	Innovative Energiesysteme	2V
Wirtschaftliche Entwicklung von Geräten der Energietechnik	2V	Elektrische Energieanlagen II	2V/1Ü
Elektrische Energieanlagen I	2V		
Labore			
Übersichtspraktikum Hochspannungstechnik	3L	Aufbaupraktikum Hochspannungstechnik	2L
Aufbaupraktikum Innovative Energiesysteme	2L	Aufbaupraktikum Analyse und Planung von Netzen mit NEPLAN	2L
Studentische Arbeiten Seminarvorträge, Studienarbeiten, Diplomarbeiten			

Vorlesungen und Praktika

Professor Dr.-Ing. Michael Kurrat

Inhalte der Vorlesungen

Grundlagen der elektrischen Energietechnik **WS 4 V, 1 Ü**
(gemeinsam mit Prof. Canders), Pflichtveranstaltung für alle Studierenden der Elektrotechnik und des Wirtschaftsingenieurwesens Elektrotechnik

Elektrische Energiewirtschaft • Erzeugung und Übertragung elektrischer Energie • Hochspannungstechnik.

Numerische Berechnungsverfahren **WS 2 V, 1 Ü**
Simulationen gehören heute zum Arbeitsalltag eines Ingenieurs. Die Vorlesung vermittelt den mathematisch-technischen Hintergrund, um die numerischen Berechnungsverfahren mit kommerziellen Programmen optimal anzuwenden.
Eliminations- und Iterationsverfahren zur Lösung linearer Gleichungssysteme • Numerische Integration von Systemen gewöhnlicher Differentialgleichungen • Verfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen 2. Ordnung • Nichtlineare Optimierung

Rechnerpraktikum Numerische Berechnungsverfahren **SS 2 Ü**
Die Studierenden üben an technischen Beispielen die Anwendung kommerzieller Programmsysteme zur Lösung partieller Differentialgleichungen 2. Ordnung (magnetische und elektrische Feldberechnung) sowie gekoppelter Differentialgleichungen 1. Ordnung.

Plasmatechnik **WS 4 V**
Das Plasma, der vierte Aggregatzustand, ist eine schnell wachsende Anwendungstechnik, die in vielen Bereichen der Technik eingesetzt wird.

Plasmaphysikalische Grundlagen • Methoden zur Beschreibung von Plasmen • Plasma im HF-Feld • Plasmadiagnostik • Kontrollierte Kernfusion • Schaltgerätetechnik • Plasma-Werkstofftechnik.

Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauer **SS 2 V, 1Ü**
Pflichtvorlesung für alle Maschinenbauer im 4. Semester.
Im Arbeitsalltag sind die Bereiche Maschinenbau und Elektrotechnik eng miteinander verzahnt. Die Veranstaltung vermittelt daher das Wissen über grundlegende Zusammenhänge der Elektrotechnik, Berechnungsmethoden, Elektrische Energieversorgungssysteme und Betriebsmittel mit dem Ziel, die spätere interdisziplinäre Zusammenarbeit im Beruf zu erleichtern.

Hochspannungstechnik I **SS 2 V, 1Ü**
Die Vorlesung vermittelt Grundlagen zur Auslegung und Beurteilung von Hochspannungs-Isoliersystemen.

- Berechnung von elektrischen Feldern in Isoliersystemen
- Beschreibung der Entstehung und Berechnung der Ausbreitung von Überspannungen in Netzen
- Übersicht der Schutzmaßnahmen gegen Überspannungen
- Einführung in die elektrische Festigkeitslehre von Isoliersystemen
- Einführung in die statistische Berechnung von Durchschlagsprozessen
- Bestimmung der elektrischen Festigkeit von Isoliergasen
- Beschreibung der Prozesse beim Vakuumdurchschlag
- Bestimmung der elektrischen Festigkeit von Isoliersystemen mit festem Isolierstoff

Hochspannungstechnik II **WS 2 V, 1Ü**
In der Vorlesung werden die Grundlagen zur Durchführung und Bewertung von Hochspannungs- und Hochstromprüfungen behandelt.
Übersicht zur Erzeugung hoher Spannungen im Prüffeld ● Beschreibung und Berechnung von Systemen zur Messung hoher Spannungen im Prüffeld ● Überblick zur Erzeugung hoher Stoß- und Kurzzeitströme im Prüffeld ● Grundlagen der Strommeßtechnik ● Einführung in die Teilentladungsmeßtechnik ● Darstellung von Prüfungen unter Berücksichtigung erschwerter Umweltbedingungen ● Einführung in die Sicherheitsbestimmungen beim Betrieb von Anlage

Übersichtspraktikum „Hochspannungstechnik“ **WS 3 L**

Aufbaupraktikum „Hochspannungstechnik“ **SS WS 2 L**

Aufbaupraktikum „Innovative Energiesysteme“ **WS 2 L**

Aufbaupraktikum „Analyse und Planung von Netzen mit NEPLAN“ **SS 2L**

Dr.-Ing. Ulrich Braunsberger

Energiewirtschaft im Wandel – Auswirkungen der Liberalisierung **SS 2V**
Entwicklung der elektrischen Energieversorgung ● Übertragungsnetz ● Auswirkung dezentraler Energieerzeugung auf den Netzbetrieb ● Bereitstellung von Regelenergie ● Energiewirtschaft und –politik ● Neue Geschäftsfelder in der Energiewirtschaft ● Nachhaltigkeit ● Energiehandel

Dr.-Ing. Harald Waitschat

Elektrische Energiewirtschaft und Kraftwerke **WS 2 V**
Elektrizitätswirtschaft als Teil der Energiewirtschaft ● Probleme der Weltenergiewirtschaft ● Charakteristiken des Stromverbrauchs ● Traditionelle Energieerzeugung ● Regenerative Energieerzeugung ● Umweltaspekte der Energiegewinnung ● Internationale Verbundwirtschaft der Elektrizitätswerke ● Kosten der Energiegewinnung und Verteilung ● Besonderheiten des liberalisierten Energiemarktes in Deutschland

Dr.-Ing. Hartmut Knobloch

Wirtschaftliche Entwicklung von Geräten der Energietechnik **WS 2 V**
Die Vorlesung zeigt Möglichkeiten und notwendige Randbedingungen für die wirtschaftliche Entwicklung von Geräten der Energietechnik auf. Dabei wird Management-Basiswissen in der Form vermittelt, dass Ingenieuren die Zusammenhänge von Kosten, Qualität und Zeit verständlich gemacht werden, dass aber auch Betriebswirten gleichzeitig ein Einblick in technische Problemkreise ermöglicht wird.

Dr.-Ing. Gerald Newi

Innovative Energiesysteme **SS 2 V, 1Ü**
Die Vorlesung stellt ein Forum dar, welches der Vertiefung der Kenntnisse über erneuerbare Energien und deren Einbindung in das Energiesystem dient. Gleichzeitig wird die öffentliche Diskussionsfähigkeit der Studenten im gesellschaftspolitischen Bereich gestärkt.

Dr.-Ing. Ernst-Dieter Wilkening

Elektrische Energieanlagen I **WS 2 V, 1Ü**
Leitungs- und Netzformen • Ersatzschaltungen und Kenndaten der Netze • Berechnungen von Leitungen und Netzen • Kurzschluß- und Lastflußrechnung • Netzstabilität • Schutzmaßnahmen.

Elektrische Energieanlagen II **SS 2 V, 1 Ü**
Anforderungen an, Aufbau und Wirkungsweise von Betriebsmitteln der elektrischen Energieversorgung • Grundschaltungen und Aufbau von Schalt- und Umspannstationen • Schaltgeräte • Freileitungen • Erdungsanlagen • Netzschutz.

Arbeitsgebiete des Instituts für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen

Die Forschungsthemen des Instituts sind den drei Gebieten Energiesysteme, Schaltgeräte und Materialien und Plasmen zugeordnet

Arbeitsgruppe Energiesysteme

Ausgangsbedingungen:
Erneuerungsbedarf für 1/3 der deutschen Kraftwerkskapazität bis 2020.
Gesetzliche Vorgaben (EEG und KWK) begünstigen kleine „Dezentrale Kraftwerksanlagen“.
Energieerzeugung aus Wind und Sonne entspricht im Dargebot nicht der Verbrauchernachfrage.

Ziel: Die dezentrale Energieerzeugung muss netzverträglich und langfristig wirtschaftlich sein.

Lösungsansatz:
Innovatives Last- und Erzeugungsmanagement zur Verbrauch-Erzeugungsanpassung.
Netzsimulation mir virtuellem Kraftwerk.
Steuerung dezentraler Anlagen für einen stabilen Netzbetrieb.

Blockheizkraftwerk zur Untersuchung dezentraler Energieerzeugung

Energiewirtschaftliche Fragestellungen

Versorgungsbezirk zur Entwicklung von Strategien zur Netzoptimierung

Ausgangsbedingungen:

Schaltgeräte sind unverzichtbare Bestandteile elektrischer Versorgungsstromkreise.
Technische Verbesserungen hin zu höheren Leistungsdaten sind gefragt.
Geänderte technische Randbedingungen erfordern neuartige Gerätekonzepte.
Hochtemperatur-Supraleiter (HTSL) warten auf die technische Anwendung.

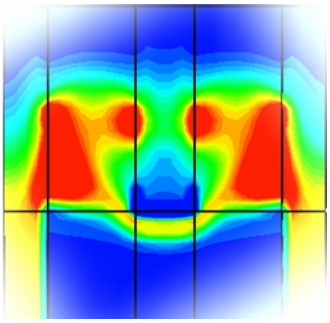
Ziel: Entwicklung kompakter Schaltgeräte.
Erstellen von Schaltgeräten für Flugzeuge mit erhöhter Bordnetzspannung.
Erschließen neuer Anwendungsbereiche für Vakuumschalter und HTSL.

Lösungsansatz:

Simulation des Verhaltens von Niederspannungsschaltlichtbögen.
Experimentelle Untersuchungen des Lichtbogenschaltverhaltens.
Dielektrische Auslegung von Elektroden- und Schaltkammergeometrie für Vakuumschalter.
Elektrischer Leistungsnachweis in synthetischen Prüfkreisen.
Konzipierung und Erprobung von HTSL für Schaltzwecke.

Messung an strombegrenzenden Niederspannungslichtbögen

Bordnetzschaltgeräte für Flugzeuge



Simulation des Verhaltens von Schaltlichtbögen

Hochtemperatursupraleiter als strombegrenzendes Schaltelement

Vakuumschalter für die 24kV-Spannungsebene

Ausgangsbedingungen:

Das Verhalten von Isoliermaterialien in Hochspannungsgeräten ist noch nicht vollständig geklärt.
Verbundwerkstoffe zur Hochspannungsisolation können noch weiter verbessert werden.
Mit Barrierenentladungen lassen sich z. B. Oberflächeneigenschaften von Materialien beeinflussen.

Ziel: Verstehen des Verhaltens von Isoliermaterialien unter Hochspannungsbelastung.
Erschließen neuer Anwendungsgebiete für Barrierenentladungen.

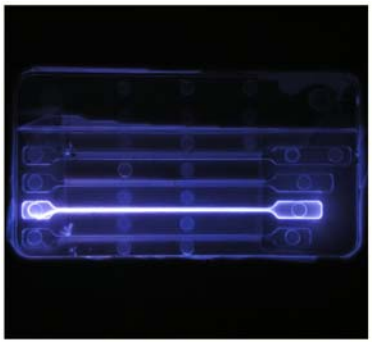
Lösungsansatz:

Systematische Untersuchungen von Schädigungsmechanismen an Hochspannungsisoliermaterialien.

Untersuchung der Einflussparameter bei der Modifizierung von Oberflächen durch Barrierenentladungen.

Hydophobiebewertung von Silikonelastomeren

Optimierung von Verbundwerkstoffen



Oberflächenbehandlung mit Barrierenentladungsplasmen

Pfleiderer-Institut für Strömungsmaschinen

Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. G. Kosyna

Langer Kamp 6
38106 Braunschweig
Tel.: (0531) 391-2928
Fax.: (0531) 391-5769
E-mail: **g.kosyna@tu-bs.de**
http://www.pfi.tu-bs.de

Institutsleiter:	Prof. Dr.-Ing. Günter Kosyna	391-2918
Sekretariat:	Annette Woyde	391-2911
Akademischer Direktor:	Dr.-Ing. Detlev Wulff	391-2920
Wissenschaftliche Mitarbeiter:	Heiko Schwarz	391-2921
	Vladimir Skara	391-2922
	Petra Pérez Flores	391-2922
	Thore Bastian Lindemann	391-2923
	Jörn Städing	391-2923
	Dr.-Ing. Thomas Kenull	391-2924
Studienplanberatung:	Heiko Schwarz	391-2921

Lehrveranstaltungen / Module (Bachelor)

WS	2V 1Ü	4LP	Kosyna	Grundlagen der Strömungsmaschinen
SS	2V 1Ü	4LP	Kosyna	Kreisprozesse der Flugtriebwerke (LRT)
SS	2V 1Ü	4LP	Friedrichs	Bauelemente von Strahltriebwerken – Funktion, Betrieb, Wartung (LRT)
WS / SS		8LP	Kosyna, wiss. Mitarbeiter	Projektarbeiten
WS / SS		14LP	Kosyna, wiss. Mitarbeiter	Bachelorarbeiten

Lehrveranstaltungen / Module (Master)

SS	4V 1Ü	8LP	Kosyna	Axiale / Thermische Strömungsmaschinen
WS	2V 1Ü	4LP	Kosyna	Einführung in die elementare Berechnung von Strömungsmaschinen
SS	2V 1Ü	4LP	Kosyna	Hydraulische Strömungsmaschinen
WS	2V 1Ü 3L	10LP	Kosyna, Wulff	Messtechn. Methode an Strömungsmaschinen
SS	2V 1Ü	4LP	Kosyna	Triebwerksregelung
WS	2V 1Ü	4LP	Kosyna	Verbrennung und Turbine
WS / SS		20LP	Kosyna, wiss. Mitarbeiter	Studienarbeiten
WS / SS		30LP	Kosyna wiss. Mitarbeiter	Masterarbeiten

Inhalte der Module

Grundlagen der Strömungsmaschinen (WS 2V 1Ü) 4LP

- Allgemeine strömungstechnische Grundlagen
- Wirkungsweise und betriebliches Verhalten der Strömungsmaschinen
- Besonderheiten hydraulische Maschinen
- Thermische Strömungsmaschinen
- Hydrodynamische Wandler und Sonderbauarten von Pumpen

Kreisprozesse der Flugtriebwerke (SS 2V 1Ü) 4LP

- Triebwerks-Aufbau und -Ausführungen, Schub, thermischer Wirkungsgrad, Vortriebs-Wirkungsgrad, spez. Kraftstoffverbrauch, spez. Impuls, Reichweite.
- Kreisprozesse ohne Verluste, Trends
- Kreisprozesse mit Verlusten
- Zusammenwirken der Triebwerks-Komponenten: Verdichter-Kennfeld, Turbinen-Kennfeld, Zusammenwirken Verdichter/Turbine, Zusammenwirken Verdichter-Turbine-Düse, Gesamtverhalten, Beschleunigung

Bauelemente von Strahltriebwerken (SS 2V 1Ü) 4LP

- Allgemeiner Entwurf und Betrieb: Wechselwirkung Triebwerk - Flugzeug, Sicherheit und Zuverlässigkeit, Triebwerks - Familienkonzept.
- Betriebskosten und Marktprognose: Auswahl von Flugzeugen/Triebwerken, Entwicklungsräume.
- Luftfahrtrechtliche Aspekte: Zulassungsbehörden, Containment, Lebensdauerbegrenzte Teile(LLP's), Wartung.
- Technische Grundlagen: Mission, Schub/EGT, Triebwerksregelung, Triebwerksdynamik, Grenzwerte, Modulbauweise, Triebwerksmodule
- (Fan, Core, HPT, LPT,Getriebe).
- Sekundärsysteme: Luftsystem, Spaltweitenkontrolle, Ölsystem, Wellenschwingungen.
- Wartung & Instandsetzung: Konzepte, Onwing-Wartung, Offwing-Wartung, Condition Monitoring.
- Betriebsschäden: FOD/DOD, Vogelschlag, Titanfeuer.

Axiale / Thermische Strömungsmaschinen (SS 4V 1Ü) 8LP

- Entwurf der Axialschaufel
- Entwurf der Leitvorrichtung
- Auslegung von Axialrädern
- Auslegung von mehrstufigen Verdichtern
- Berechnung einer Dampfturbine

Einführung in die elementare Berechnung von Strömungsmaschinen (WS 2V 1Ü) 4LP

- Grundlagen der Berechnung
- Strömung im Laufrad
- Kavitation bei hydraulischen Strömungsmaschinen
- Entwurf des radialen Pumpenlaufrades
- Leitvorrichtungen
- Spalt-, Reibungs- und Ventilationsverluste

- Axial und Radialschub

Hydraulische Strömungsmaschinen (SS 2V 1Ü) 4LP

- Entwurf von Kreiselpumpen
- Erfassung von Kavitationserscheinungen
- Betrachtung von mechanischen Reaktionen
- Ausführungsformen von Kreiselpumpen
- Betrachtung von Dichtungssystemen

Messtechnische Methoden für Strömungsmaschinen (WS 2V 1Ü 3L) 10LP

- Analoge und digitale Signale – deterministische und stochastische Signale, statistische Eigenschaften von Messsignalen, Fouriertransformation, Wavelettransformation
- Messfehler und Kalibrierung, Fehlerfortpflanzung
- Messgeräte und Messverfahren – Messketten, Mehrkanalanlagen, Telemetrie
- Normung und Richtlinien – Abnahmeversuche

Triebwerksregelung (SS 2V 1Ü) 4LP

- Definitionen und Grundlagen der Regelungstechnik
- Das Turboluftstrahltriebwerk als Regelstrecke
- Steuer- und Regelungskonzepte für Flugtriebwerke
- Autarke Steuerungskonzepte von Triebwerkskomponenten
- Typische Komponenten der Steuer- und Regelsysteme von Flugtriebwerken
- Digitale Steuerungen

Verbrennung und Turbine (WS 2V 1Ü) 4LP

- Die Turbine im Kreisprozess
- Auslegung von Axialturbinen
- Turbinenkennfelder
- Einführung und Übersicht über Turbinenwerkstoffe
- Methoden der Turbinenkühlung
- Die Brennkammer im Kreisprozess
- Komponenten der Brennkammer
- Charakteristische Kenngrößen
- Zündung und Betrieb von Brennkammern
- Schubdüsenbauformen im Betrieb

Arbeitsgebiete

Die Forschungsschwerpunkte des Instituts liegen auf dem Gebiet der Kreiselpumpen und der Ventilatoren. Wichtige Themenkreise sind derzeit das Betriebsverhalten von Axialmaschinen im Teillastbereich, Verfahren zur Schadensfrüherkennung sowie neuartige Dichtungskonzepte für thermische Strömungsmaschinen. Im einzelnen werden derzeit folgende Forschungsvorhaben bearbeitet:

1. Axialventilatoren und -verdichter:

1.1 Optimierung von Verdichter-Beschaufelungen durch 3D-Schaufelentwurf:

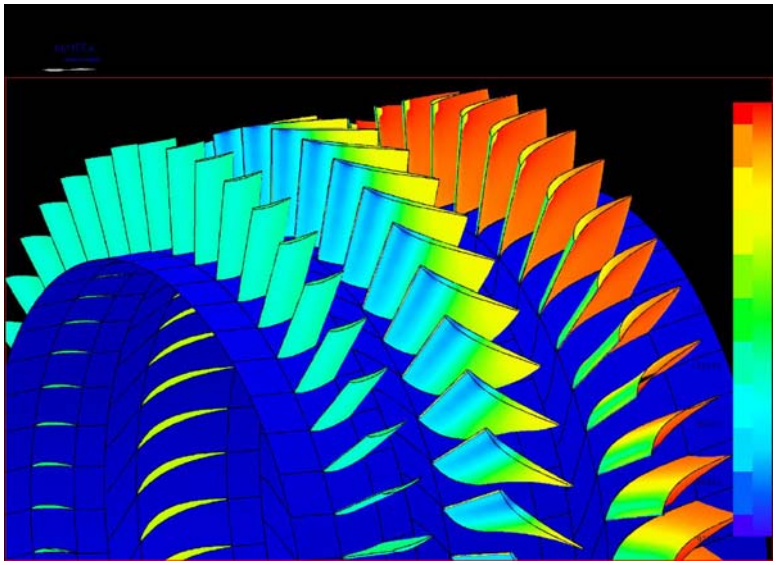
Das Institut für Strömungsmechanik und das Pfleiderer-Institut für Strömungsmaschinen arbeiten gemeinsam im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens AdComB - Advanced 3D Compressor Blade Design - an der Verbesserung von Flugtriebwerks-Verdichter-Beschaufelungen.
Hierzu werden an einem 1,5-stufigen Niedergeschwindigkeitsverdichter, dessen Beschaufelung repräsentativ für eine mittlere Stufe eines modernen Flugtriebwerk-Verdichters ist, experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Diese Untersuchungen umfassen den Einsatz modernster Messeinrichtungen. Folgende Messtechniken kommen u.a. zum Einsatz:

- stationäre und instationäre Messdatenerfassung
- Telemetrie
- Heissfilmmesstechnik
- Visualisierungstechniken

Unter Berücksichtigung der experimentellen Ergebnisse werden im weiteren Verlauf des Vorhabens weitere Verdichterstufen entworfen, wobei im Gegensatz zum konventionellen Entwurf der ursprünglichen Stufe 3D-Eigenschaften wie „Pfeilung“ und „V-Stellung“ angewendet werden, um die Stufendruckerhöhung und den Wirkungsgrad signifikant zu verbessern.
Darüber hinaus dienen die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen der Validierung numerischer Strömungsberechnungen, die am Institut für Strömungsmechanik mit Hilfe eines CFD-Codes gewonnen wurden.

1.2 Rotating Stall in Axialventilatoren

Der nutzbare Kennfeldbereich von Axialventilatoren wird in Richtung abnehmender Lieferzahlen durch die Abreißgrenze eingeschränkt. Wird die Abreißgrenze im Betrieb überschritten, so kommt es zu einem schlagartigen Abfall der Druckumsetzung und des Wirkungsgrads. Die Ursache für den Kennlinieneinbruch liegt in einer oder mehreren Zellen abgelöster Strömung innerhalb der Rotor-Beschaufelung. Diese Stall-Zellen laufen relativ zum Rotor in der Beschaufelung um. Nach Lehrbuchauffassung wird Rotating Stall durch abgelöste Schaufelprofil-Grenzschichten ausgelöst. Neueren Untersuchungen zur Folge können auch abgelöste Gehäuse-Grenzschichten Auslöser für Rotating Stall sein. Das Ziel eines neuen Forschungsvorhabens ist es deshalb, die Strömungsphänomene, die zur Stall-Auslösung führen, genauer zu untersuchen. Dazu werden Messungen an drei, vom Entwurfspunkt her unterschiedlichen einstufigen Axialventilatoren vorgenommen. Bei den Messungen handelt es sich vorrangig um Sonden- und Druckverteilungs-Messungen mit einer zeitlich hochauflösenden Messtechnik. Daneben sind auch Visualisierungs-Versuche der Strömung am Gehäuse und in der Beschaufelung geplant. Einen weiteren Schwerpunkt des Vorhabens bildet die Untersuchung und Erprobung einer aktiven Maßnahme zur Unterdrückung der Stall-Auslösung. Die insgesamt bei den Versuchen gewonnenen



Erkenntnisse sollen dazu führen, dass bereits beim Entwurf eines Axialventilators eine zuverlässige Vorhersagemöglichkeit der Abreißgrenze zur Verfügung steht.

1.3 Aktive Strömungsbeeinflussung in Axialverdichtern

Die Entwicklung moderner Flugtriebwerke ist wesentlich gekennzeichnet durch das Bestreben die Größe und das Gewicht der Maschinen zu reduzieren. Für den Axialverdichter als wesentliche Komponente des Triebwerkes ist dieses Ziel durch eine Verringerung der erforderlichen Verdichterstufenanzahl zu erreichen. Da die Gesamtdruckerhöhung über den Verdichter durch den Triebwerkskreisprozess festgelegt ist, nimmt die pro Stufe geforderte Verdichterarbeit entsprechend zu, mit der Folge einer sehr hohen aerodynamischen Belastung der zugehörigen Beschaufelungen.

Bei modernen Rotorbeschaufelungen wird die Druckerhöhung hauptsächlich durch das Ablösen der Gehäusegrenzschichten im Bereich des Rotorkopfspaltes beschränkt. Hier lösen lokale, instationäre Strömungsphänomene den vollständigen Strömungsabriss im Verdichter aus. Die heute üblichen hoch umlenkenden Statorbeschaufelungen zeichnen sich durch aerodynamisch hoch belastete Profil- und Seitenwandgrenzschichten aus. Hier führen insbesondere die Seitenwandgrenzschichten zu ausgeprägten Sekundärströmungen, die das Erreichen der angestrebten Druckerhöhungen mit der bestehenden Technik verhindern und innovative Lösungen erfordern.

Im Verbundprojekt VNT2020 (Entwicklung der aktiven Strömungsbeeinflussung zur Erhöhung des Stufendruckverhältnisses für Hochdruckverdichter ab 2020) werden Methoden zur aktiven Strömungsbeeinflussung der gehäuse- bzw. seitenwandnahen Rotor- respektive Statorströmung entwickelt, um den oben genannten wandnahen Strömungsablösungen entgegenzuwirken. Das von Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms 3 in Auftrag gegebene Forschungsvorhaben bearbeiten neben dem Pfleiderer-Institut für Strömungsmaschinen sowie dem Institut für Strömungsmechanik der TU Braunschweig auch das Institut für Strömungsmechanik der TU Dresden.

1.4 Auslegung von Niederdruck – Axialventialtoren

Im Rahmen eines AiF-Projektes mit der Forschungseinrichtung für Lüftungs- und Trocknungstechnik werden am Pfleiderer Institut für Strömungsmaschinen Untersuchungen zur Auslegung von Niederdruck – Axialventilatoren durchgeführt. Obwohl diese Ventilatoren in sehr großen Stückzahlen von der Industrie gefertigt werden, gibt es für diese Ventilatoren bislang noch keine zuverlässigen Auslegungsverfahren. Im Rahmen dieses Vorhabens soll nun ein Auslegungsverfahren entwickelt werden. Hierzu besitzt das Pfleiderer Institut einen eigenen Prüfstand an dem Ventilatoren bis zu einem Durchmesser von 700mm Ventilatoren untersucht werden können. Neben Kontrollmessungen an Ventilatoren aus der Industrie werden hier auch selbst entworfene Ventilatoren unter zur Hilfenahme unterschiedlicher Messverfahren umfangreich untersucht. Hierzu werden neben verschiedenster Sondenmessungen auch Hitzdraht- und PIV-Messungen durchgeführt.

Neben der Beurteilung des Strömungsverhaltens werden die Ventilatoren auch hinsichtlich ihrer Schallemissionen bewertet und verbessert.

2. Schadensfrüherkennung an Unterwassermotorpumpen:

Unterwassermotorpumpen werden vielfach in mehreren 100 m Wassertiefe eingesetzt und sind demzufolge häufig schwer zugänglich. Aus diesem Grund ist man an einer Überwachung und Schadensfrüherkennung interessiert, die ohne störanfällige Messwertaufnehmer in der Unterwassermotorpumpe selbst auskommt. Eine elegante Möglichkeit zur Erkennung bestimmter abnormaler Betriebszustände ist deshalb die Analyse zeitlicher Änderungen der Motorstrom-

aufnahme. Betriebliche Unregelmäßigkeiten beeinflussen den Momentenfluss zwischen Motor und angetriebener Maschine. Diese Momentenänderungen bilden sich in der Motorstromaufnahme ab und können mit entsprechender Analysetechnik nachgewiesen werden. In einem in der jüngsten Vergangenheit durchgeführten Projekt wurden charakteristische Muster in den Signalen der Motorstromaufnahme detektiert, die bestimmten Störfällen zugeordnet werden können und somit eine Schadensfrüherkennung ermöglichen. Die Störfälle wurden dabei durch entsprechende Modifikation der Aggregate herbeigeführt und im Vergleich zum Originalzustand der Maschine untersucht. Dabei konnte gezeigt werden, dass die meisten für Unterwasserpumpen sowie für andere Kreiselpumpenarten typischen Maschinenfehler und unzulässigen Betriebsweisen anhand der Motorstromanalyse erkennbar sind.
In einem Feldversuch wurde als nächster Schritt die praktische Eignung erprobt, wenn die Maschinenfehler und Betriebsstörungen nicht durch Simulation, sondern durch natürlichen Verschleiß bzw. durch den Eintritt von Störereignissen entstehen. Das Expertenwissen aus dem vorangegangenen Projekt wird dabei anhand der hier gewonnenen Ergebnisse überprüft und erweitert. Hieraus wurden Algorithmen für die Maschinenüberwachung in Echtzeit erstellt.

3. Kleine Kreiselpumpen:
An kleinen Kreiselpumpen – wie z.B. PKW-Kühlmittelpumpen – werden im Industrieauftrag Entwicklungsarbeiten durchgeführt. Aufgaben hierbei sind:

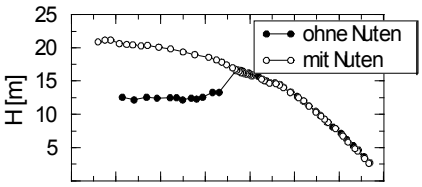
- Entwurf, Fertigung und Vermessung von kleinen Kreiselpumpen für vorgegebene Betriebsbedingungen.
- Vollständige Entwicklung von Pumpen bis zur Vorserienreife.
- Herstellung von Vorserienmustern.
- Anpassung vorgegebener Pumpen an geänderte Einsatzbedingungen.

4. Kavitation in Kreiselpumpen:
Beim Einsatz von Kreiselpumpen muss die Kavitation auf ein noch zu tolerierendes Maß beschränkt werden, um Schädigungen und vorzeitige Ausfälle zu vermeiden. Als einfach anwendbares Kriterium für das zulässige Ausmaß der Kavitation wird in der Praxis vielfach der kavitationsbedingte Förderhöhenabfall angewendet. Nachteilig bei diesem Kriterium ist, dass hiermit der sehr komplexe Einfluss der Kavitation auf die Förderhöhe sowie die Auswirkungen der heterogenen Strömungsstrukturen bei Kavitation nur unvollkommen beschrieben werden können. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist ein besseres Verständnis des Einflusses der Kavitationsvorgänge auf das Förderverhalten von Kreiselpumpen. Im Mittelpunkt steht eine neuartige Methode zur Untersuchung der instationären Schaufeldruckverläufe im Verbund mit simultan durchgeführter videogestützter optischer Beurteilung des Kavitationsbildes. Durchgeführt werden die Untersuchungen an mehreren Kreiselpumpenlaufrädern radialer und halbaxialer Bauart. Zur Analyse des Ablaufs der Kavitation kommen dabei neben instationären Druckmessungen auch Hochgeschwindigkeitsaufnahmen zum Einsatz. Darüber hinaus erfolgt mit dem institutseigenen PIV-System (Particel Image Velocimetry) die Untersuchung der kavitierenden Laufradströmung.

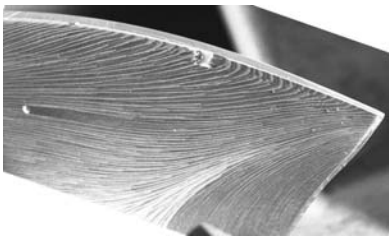
5. Untersuchungen zur Entstehung und Vermeidung des Kennliniensattels an einer Axialpumpe:
Axiale und halbaxiale Pumpen, Verdichter und Ventilatoren weisen in ihren Kennlinien meist einen instabilen Bereich auf, der auch als Kennliniensattel bezeichnet wird. Praktisch bedeutet das Erreichen des Kennliniensattels einen abrupten Einbruch der Druckerhöhung. Verantwortlich dafür ist das Abreißen der Profilgrenzschichten an einzelnen Schaufeln (Blade Stall, ev. rotierend = Rotating Stall) oder das Abreißen der Gehäusegrenzschichten (Wall Stall). Je nach Charakteristik der Maschine kann die Kennlinie bei weiterer Absenkung des Volumen-

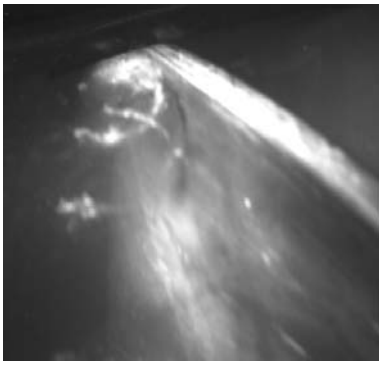
bzw. Massenstroms wieder ansteigen. Der abrupte Einbruch begrenzt jedoch den nutzbaren Kennlinienbereich.
In einem von der DFG geförderten Forschungsvorhaben wird am Pfleiderer-Institut die Entstehung des Kennliniensattels an einer Axialpumpe untersucht.
Im einzelnen werden folgende Messungen durchgeführt:

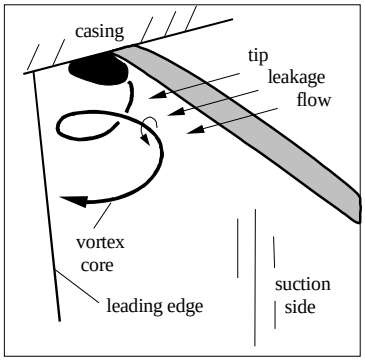
- Kennlinien- und NPSH-Messungen
- Statische Druckmessungen am Pumpengehäuse
- Anstrichbilder am Pumpengehäuse und an den Schaufeln
- Optische Beobachtung des Spaltwirbels
- Gehäuse- und Wellenschwingungen
- Erfassung der Strömungsstrukturen mit PIV



Kennlinie mit und ohne Casing Treatment


Schaufelanstrichbild





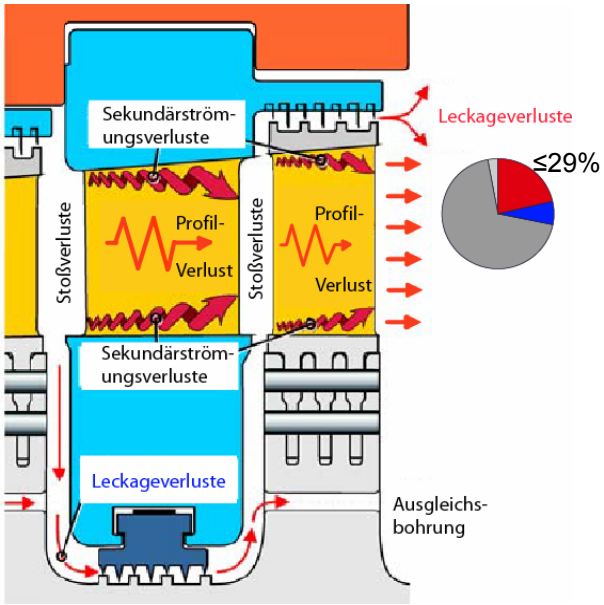
Optische Aufnahme eines kavitierenden Spaltwirbelkerns und schematische Skizze

6. Untersuchung und Optimierung von fördermediumgeschmierten Gleitlagern

Im Kreiselpumpenbau finden vielfach wasser- bzw. fördermediumgeschmierte Gleitlager Anwendung, bei deren Entwurf besondere Randbedingungen wie z.B. die geringere Viskosität des Schmiermittels zu beachten sind. In Zusammenarbeit mit der Industrie betreibt das Pfleiderer-Institut einen Spezialprüfstand für die Lagerentwicklung, auf dem die in der Pumpe auftretenden stationären und instationären Lastfälle simuliert werden.

7. Untersuchung und Optimierung von neuartigen Dichtungskonzepten für thermische Strömungsmaschinen

Im Streben nach weiterer Wirkungsgradsteigerung z. B. bei Dampfturbinen gilt es, die Leckageverluste in den Spaltdichtungen zu minimieren.
Ein neuartiger Ansatz sind Bürstendichtungen, die bei einem Rotorkontakt

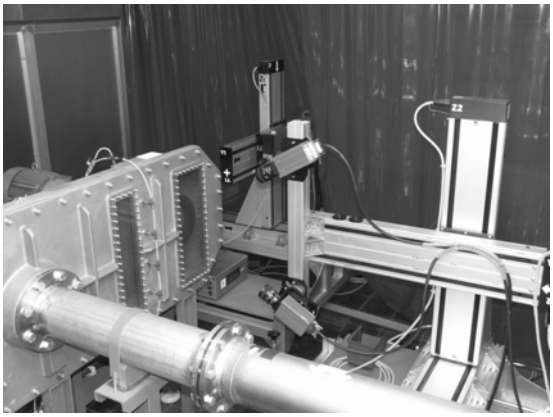


infolge instationärer Vorgänge elastisch ausgelenkt werden und minimal kleine Spaltweiten zulassen. Diese Dichtungsform hat ihre grundsätzliche Eignung bereits bewiesen, zu prüfen ist jetzt vorrangig die Langzeitstandfestigkeit bei hohen Drücken.
Das Pfleiderer-Institut betreibt zu diesem Zweck in Zusammenarbeit mit der Industrie im Heizkraftwerk Braunschweig einen weitgehend automatisierten Spezialprüfstand, der mit Heißdampf aus dem Kraftwerk versorgt wird.

8. Numerische Strömungsberechnung:
Mit Hilfe des kommerziellen CFD-Programms FLUENT® werden an verschiedenen Geometrien wie Pumpenlaufrädern, Ventilatorstufen oder Krümmern Strömungsberechnungen durchgeführt. Nach Validierung durch Messergebnisse ist es möglich, Parameterstudien oder Vorausberechnungen für neue Geometrien durchzuführen, bei denen Experimente nicht möglich oder sehr zeitintensiv sind.
Für den Neuentwurf und die Beurteilung von Laufrädern kommt das kommerzielle Softwarepaket ANSYS BladeModeler® zum Einsatz. Dieses ermöglicht eine weitgehend automatisierte Gittergenerierung direkt aus dem Entwurfsprogramm, so dass die Einflüsse von Änderungen im Laufraddesign auf die Strömung schnell untersucht werden können.
Für die Berechnung von Strömungsproblemen auf dem Gebiet der Turbomaschinen wird ferner das Programmpaket FINE™/Turbo der Firma NUMECA verwendet. Teil des Programmpaketes ist ein halbautomatischer Vernetzer, der es ermöglicht, strukturierte rotationssymmetrische Rechennetze mit geringem Aufwand zu erstellen.

9. Messtechnik an Strömungsmaschinen:

- Entwicklung von Messverfahren zur zeitlich bzw. örtlich aufgelösten Messung der Druck- und Geschwindigkeitsverteilungen in Strömungsmaschinen. Hierzu werden mit Subminiatur-Druckaufnehmern bestückte Sonden und die erforderlichen Auswerteverfahren entwickelt.
- Mittels Telemetrieanlagen werden Signale aus rotierenden Systemen berührungslos übertragen, damit lassen sich auch Vorgänge, die bezogen auf das rotierende System instationär sind, detailliert untersuchen.
- Mit Hitzdraht-Messsystemen können insbesondere auch in Wandnähe, wo herkömmliche Sonden aufgrund ihrer Größe ungeeignet sind, Messungen instationärer Geschwindigkeiten vorgenommen werden.
- Particle Image Velocimetry (PIV) erlaubt die zeitgleiche und berührungslose Messung von Geschwindigkeitsfeldern. Mit einer Kamera lassen sich zwei Geschwindigkeitskomponenten messen (2C-2D), mit stereoskopischer Anordnung von zwei Kameras lassen sich alle 3 Komponenten messen (3C-2D).



Themenbeispiele für Bachelor- und Masterarbeiten

- Experimentelle Untersuchungen zur Vermeidung des Kennliniensattels an einer Axialpumpe
- Auslegung und Entwurf eines Heißwasseraxialpumpenprüfstands
- Entwurf und Anwendung eines Grenzschichtrechenprogramms für ebene Schaufelgitter-

strömungen
- Strömungstechnische Optimierung der Laufradgeometrie einer mehrstufigen Halbaxialpumpe
- Untersuchung von Triebwerkskomponenten mit 2D- und 3D-PIV-Verfahren
- Erweiterung des Modells zur Berechnung der Leckage von Bürstendichtungen
- Numerische Simulation der Strömung durch Axialventilatorstufen
- Numerische Untersuchung der instationären Strömung in einer Axialpumpe
- Theoretische Untersuchung der Belastungsgrenze von hochbelasteten Leitradbeschaufelungen
- Entwicklung von Algorithmen zur automatisierten Auswertung von Frequenzspektren
- Umsetzung eines Entwurfsprogrammes zur Berechnung von Axialventilatoren

Ausstattung des Pfleiderer-Instituts:

- Prüfstände zur Untersuchung von:
  Unterwassermotorpumpen in DN 100/DN 200
  Kreiselpumpen in DN 32 bis DN 500, teilweise beheizbar
  Niedergeschwindigkeits-Axialverdichter in DN 600
  Axialventilator in DN 400
  Niederdruck-Axialventilatoren bis DN 700
- Armaturenprüfstand
- Axiallagerprüfstand
- Gitterwindkanal 0,3 x 0,9 m
- Windkanal zur Kalibrierung von Strömungsmesssonden

Geräte:

- Rechnergestützte Messwerterfassungsanlagen für stationäre und instationäre Messsignale
- Telemetrieanlagen
- Hitzdraht-Messsysteme zur Messung instationärer Geschwindigkeiten
- 2C-2D- und 3C-2D-Particle Image Velocimetry (PIV) zur berührungslosen Messung von Geschwindigkeitsfeldern
- Workstation-Cluster zur Strömungsberechnung (CFD) und zum Entwurf von Strömungsmaschinen (CAD)

Institut für Thermodynamik

Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Köhler

Hans-Sommer-Str. 5
38106 Braunschweig
Tel.: (0531) 391-2627
Fax.: (0531) 391-7814
e-mail: ift@tu-bs.de
http://www.ift.tu-bs.de

Institutsleiter:	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Köhler	391-2625
Emeritus:	Prof. em. Dr.-Ing. H. J. Löffler	
Sekretariat:	Frau Annette Ratayczak	391-2627
	Jennifer Günther (Auszubildende)	391-7899
Wissenschaftliche Mitarbeiter:	Dipl.-Ing. Martin Buchholz	391-2636
	Ing. MSc. Ricardo Fiorenzano	391-7895
	Dipl.-Ing. Manuel Gräber	391-2633
	Dipl.-Ing. Christine Junior	391-7896
	Dr.-Ing. Nicholas Lemke	391-2631
	Dipl.-Ing. Christian Lucas	391-2634
	Dipl.-Ing. Julia Mildenberger	391-7896
	Dr.-Ing. Gabriele Raabe	391-2628
	Dipl.-Ing. Thomas Reichenbacher	391-7895
	Dipl.-Ing. Christian Strupp	391-7893
	Dipl.-Ing. Norbert Stulgies	391-2633
	Dr. rer. nat. Issam Swaid	391-2637
	Dr.-Ing. Wilhelm Tegethoff	391-7815
	Dipl.-Ing. Christian Tischendorf	391-7895
Studienplanberatung:	Dipl.-Ing. Martin Buchholz	
	Dipl.-Ing. Christian Lucas	
	Dipl.-Ing. Julia Mildenberger	

Lehrveranstaltungen für Diplomstudiengänge

WS	2V 1Ü	(5LP)	Köhler	Thermodynamik der Gemische
SS	2V 1Ü	(5LP)	Köhler	Thermodynamics and Statistics
WS/SS	2V 1Ü	(5LP)	Köhler / Tegethoff	Objektorientierte Simulations-methoden in der Thermo- und Fluiddynamik
WS/SS	2V	(5LP)	Köhler / Raabe	Molekulare Simulation
WS	2V	(5LP)	Bröcker	Thermodynamik in chemischen Prozesssimulationen
WS/SS	2V 1Ü	(5LP)	Köhler / Tegethoff	Modellierung thermischer Systeme in Modelica
WS	2V	(5LP)	Köhler / Lemke	Fahrzeugklimatisierung
WS	4Ü	(8LP)	Köhler / Leithner / Kosyna	Energietechnisches Labor
WS/SS	2S	(3LP)	alle Dozenten der Fachrichtung	Seminar für Energie-, Verfahrens- und Bioverfahrenstechnik
WS/SS	2S		Köhler wiss. Mitarbeiter	Thermodynamik-Seminar
WS/SS	6Ü	(24LP)	Köhler, Löffler wiss. Mitarbeiter	Theoretische, experimentelle, konstruktive und planerische Studienarbeiten
WS/SS	6Ü	(30LP)	Köhler, Löffler wiss. Mitarbeiter	Theoretische, experimentelle, konstruktive und planerische Diplomarbeiten

Module für Bachelor- und Masterstudiengänge

WS	2V 1Ü	(4LP)	Köhler	Thermodynamik der Gemische
WS	2V 1Ü 2L	(6LP)	Köhler	Thermodynamik der Gemische mit Labor
SS	2V 1Ü	(4LP)	Köhler	Thermodynamics and Statistics
WS/SS	2V 1Ü	(4LP)	Köhler / Tegethoff	Objektorientierte Simulations-methoden in der Thermo- und Fluiddynamik
SS	2V 1Ü	(4LP)	Köhler / Raabe	Molekulare Simulation

WS	2V 1Ü	(4LP)	Bröcker	Thermodynamik in chemischen Prozesssimulationen
WS/SS	2V 1Ü	(4LP)	Köhler / Tegethoff	Modellierung thermischer Systeme in Modelica
WS	2V 1Ü	(4LP)	Köhler / Lemke	Fahrzeugklimatisierung

Inhalte der Vorlesungen

Thermodynamik der Gemische

- Einführung in die Thermodynamik der Gemische: Grundbegriffe, Gemische idealer Gase und Gas-Dampf-Gemische (Feuchte Luft)
- Fundamentalgleichung von Gemischen und das chemische Potential
- Der erste Hauptsatz für Systeme mit veränderlicher Stoffmenge
- Zustandsgleichungen, Eulersche Gleichung und die Gleichung von Gibbs-Duhem
- Gibbssche Phasenregel und Phasendiagramme
- Thermodynamische Potentiale und Zustandsgrößen realer Gemische
- Phasenzerfall und Phasengleichgewichte: Gleichgewichtsbedingungen, Berechnung von Phasengleichgewichten, Konsistenzkriterien, Differentialgleichungen der Phasengrenzkurven
- Thermodynamik der chemischen Reaktionen

Thermodynamics and Statistics

- Basics: thermodynamic systems, extensive and intensive properties, process variables
- Balances and conservation laws: mass balance, momentum balance, energy balance, total energy, kinetic energy, internal energy, Gibbs relation, entropy balance
- Thermodynamic relations: Euler equation, Gibbs-Duhem relation, Maxwell relations
- Fundamental equations and equations of state: thermal and caloric equation of state, heat capacity
- Heat and work interactions: isobaric, isochoric, isothermal, isentropic, polytropic changes of state, the Carnot cycle
- Equilibrium criteria
- Ideal Gas
- Properties of Real Substances
- Statistical Thermodynamics: foundations, applications

Objektorientierte Simulationsmethoden in der Thermo- und Fluiddynamik

- Intensivkurs C++
- Grundlagen der objektorientierten Beschreibung auf der Basis von C++ (Aggregation, Vererbung, Polymorphismus)
- Objektorientierte Modellierung einfacher Energiesysteme auf Basis des 1. Hauptsatzes der Thermodynamik unter Berücksichtigung von Enthalpieströmen und unterschiedlicher Wärmetransportmechanismen (Leitung, Konvektion, Strahlung, Kontakt)
- Stationäre und instationäre Formulierungen des 1. Hauptsatzes

- GUI (graphical user interface) mit der plattformunabhängigen Bibliothek QT (als zusätzliche freiwillige Übung)

Molekulare Simulation

- Grundlagen aus der statistischen Thermodynamik: Begriff des Ensembles, Zustandssummen, Zustandssumme des idealen Gases, Maxwell-Boltzmann-Geschwindigkeitsverteilung
- Monte Carlo Simulation: Inportant Sampling, Simulation in verschiedenen Ensemblen, spezielle Algorithmen zur Simulation von Phasengleichgewichten
- Molekulardynamik: Finite Differenzen Methoden, Bestimmung von Stoffeigenschaften, Simulation in verschiedenen Ensemblen, Simulation von Molekülen
- Modelle zur Beschreibung der Wechselwirkungsenergie: Arten der intra- und intermolekularen Wechselwirkungen, empirische und ab initio Potentialfunktionen
- Simulationstechniken: Dimensionslose Variablen, Initialisierung einer Simulation, periodische Randbedingungen, Nachbarlisten

Thermodynamik in chemischen Prozesssimulationen

- Bedeutung und Aufgaben der Thermodynamik in chemischen Prozesssimulationen
- Thermodynamische Modellierung von Apparaten und Prozessen, Behandlung praktischer Beispiele
- Berechnung von Reinstoffdaten: empirische und physikalische Modelle, Rechenmethoden
- Modelle für reale Gemische: Aufbau und Anwendung von Zustandgleichungen und G^E-Modellen
- Beschreibung von Elektrolytsystemen: Grundlagen, praktische Modelle
- Modellierung chemischer Reaktionen und deren Kinetik

Fahrzeugklimatisierung

- Theoretische Grundlagen der Fahrzeugklimatisierung (thermischer Komfort, Heiz- und Kälteleistung)
- Praktische Umsetzung und Anwendung in aktuellen Beispielen
- Diskussion ausgewählter Problemstellungen
- Auslegung des Kühlmittelkreislaufs und des Kälteprozesses
- Diskussion von aktuellen Kälteprozessen und zukünftigen Alternativen

Labor

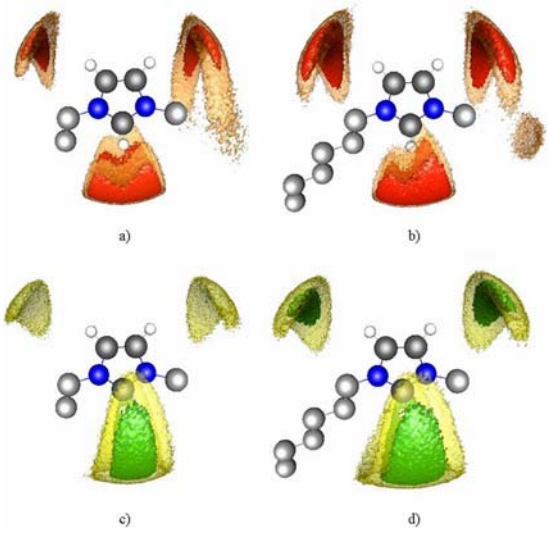
Das Institut für Thermodynamik bietet im Rahmen des Energietechnischen Labors im Wintersemester zwei Versuche an

1. Betrieb einer PEM-Brennstoffzelle
   - Bestimmung des Wirkungsgrades
   - Aufnahme der Kennlinie

2. Demonstration des kritischen Punktes reiner Stoffe
   - Beobachtung kritischer Phänomene
   - Phänomenologische Beschreibung

Arbeitsgebiete

Molekulare Thermodynamik



- Monte Carlo Simulation von Phasengleichgewichten (Gibbs Ensemble, Gibbs-Duhem Integration)
- Molekulardynamik-Simulationen zu strukturellen Eigenschaften und Transportgrößen (z.B. Viskositäten, Diffusionskoeffizienten) von Reinstoffen und Gemischen
- Untersuchung und Anpassung von Wechselwirkungspotentialen für die molekulare Simulation
- Simulationen in Systemen mit ionischen Flüssigkeiten, alternativen Kältemitteln u.ä.

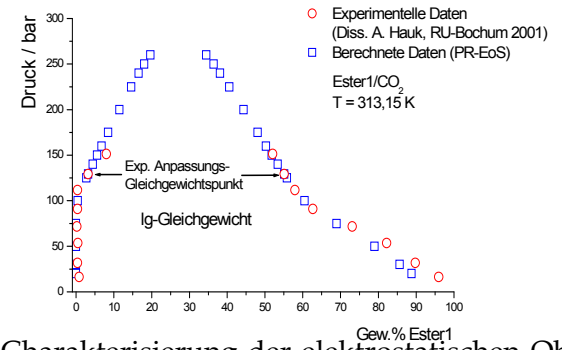
Phasengleichgewichte von Gemischen

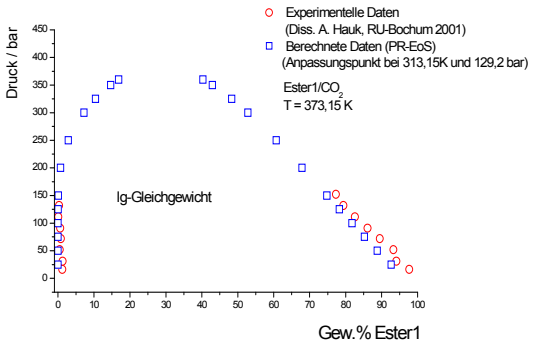
- Berechnung von Phasengleichgewichten mit kubischen Zustandsgleichungen in allgemeiner Form unter Anwendung moderner Mischungsregeln
- Untersuchung verschiedener Modelle bezüglich der Wiedergabe von Siededichten
- Untersuchung von alternativen G^E-Modellen für die industrielle Anwendung

Gleichgewichtseigenschaften von Kältemaschinenöl/CO_2 Mischungen

- Simulation des Phasenverhaltens im gesamten technisch relevanten Temperaturbereich mit einer Zustandsgleichung unter Verwendung einer Mindestzahl an isothermen Gleichgewichtsdaten
- Untersuchung der Leistungsfähigkeit ausgewählter Zustandsgleichungen zur Beschreibung der Temperaturabhängigkeit des Phasenverhaltens in Abhängigkeit von strukturellen Eigenschaften des Schmieröls, wie Polarität und Zusammensetzung
- Bestimmung der notwendigen Gleichgewichtsdaten dieser Mischungen

Benetzungsverhalten





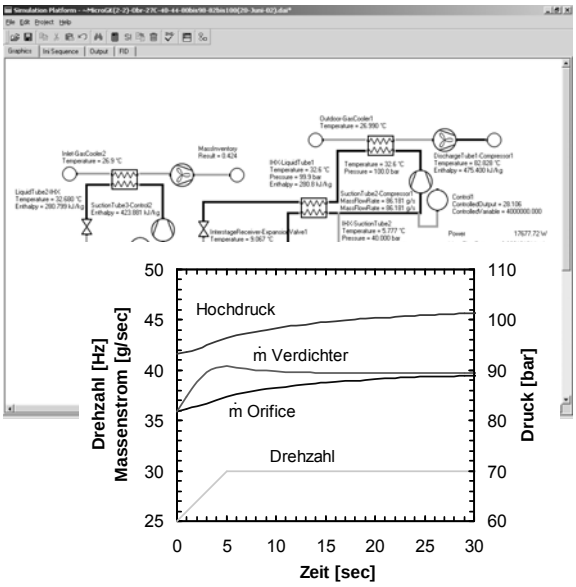
- Charakterisierung der elektrostatischen Oberflächeneigenschaften fester Stoffe durch die Untersuchung des Zeta-Potentials gegen eine wässrige Referenzlösung
- Untersuchung der Auswirkung dieser Eigenschaften auf die Hydrophobie bzw. Hydrophilie der Oberfläche

Experimentelle Untersuchung von Kälteprozessen mit alternativen Kältemitteln und von alternativen Kältekreisläufen

- Alternative Kälteverfahren, insbesondere transkritische Kältekreisläufe

- Wärmepumpen
- Mobile Kälte- und Klimaprozesse
- Anlagenoptimierung
- Komponentenuntersuchung
- Untersuchung von Kältekreisläufen im Hinblick auf Steigerung des COP (Coefficient of Performance) für stationäre und mobile Anwendungen

Simulation und Optimierung von thermischen Systemen

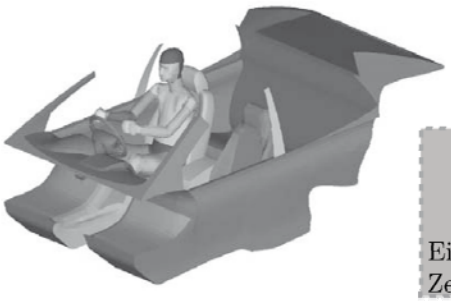


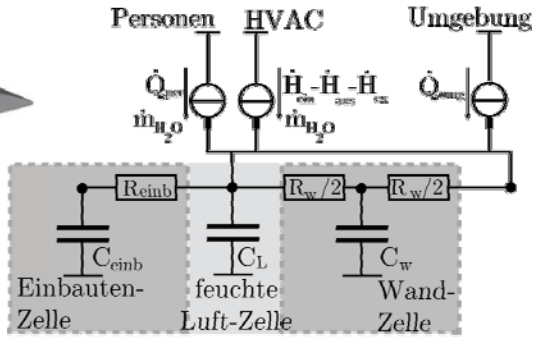
- Objektorientierte transiente und stationäre Systemsimulation unter Dymola und einer institutseigenen Simulationsumgebung
- Objektorientierte Modellierung von Komponenten in C++ und der Simulationssprache Modelica (www.modelica.org)
- Modellierung von thermischen Systemen, insbesondere im Bereich mobiler Klima technik und Kälte/Wärmekoppelung
- Zusammenarbeit mit Unternehmen wie DaimlerChrysler, Volkswagen, Bosch, Visteon u.a.

Modellierung echtzeitfähiger thermischer Systeme in Modelica

Objektorientierte und gleichungsbasierte Formulierung von Algebro-Differentialgleichungssystemen (ADGL-Systemen) zur Beschreibung z.B. thermischer Systeme mit Hilfe der Simulationssprache Modelica (www.modelica.org)

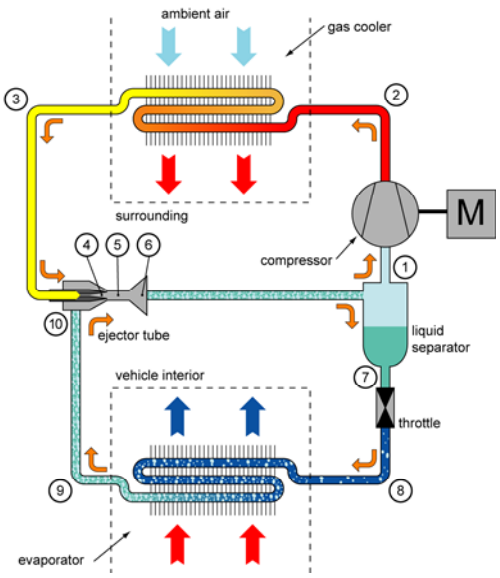
- Einführung in die Sprache Modelica mit Hilfe der Arbeitsumgebung Dymola
- ADGL-Systeme und Lösungsverfahren sowie Index-Reduzierung
- Hybride (ereignisorientierte) Modellierung
- Objektorientierte Analyse und Modellierung
- Methoden der Modell-Kalibrierung
- Echtzeitfähige Stoffdatenbibliothek
- Integrationsverfahren für die Anwendung in Echtzeitsysteme





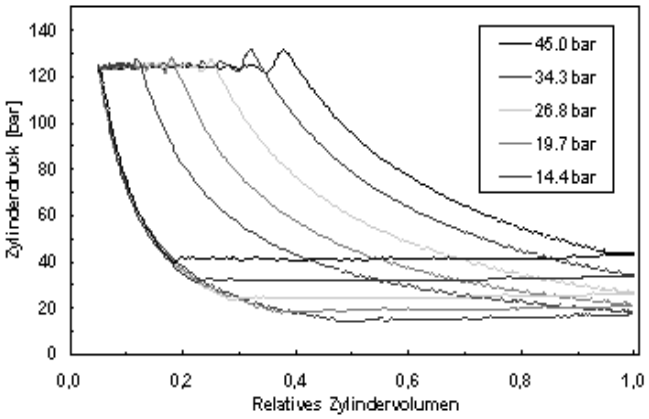
Ejektor-Kreisläufe und Wärmepumpen

- Aufbau eines Ejektor-Prüfstandes zur experimentellen Untersuchung von CO_2-Ejektor-Kältekreisläufen
- Auslegung, Konstruktion und Aufbau eines regelbaren Ejektors sowie eines Flüssigkeits-abscheiders
- Theoretische Untersuchung des Potenzials von Ejektoren in unterschiedlichen Anwendungsgebieten (z.B. bei sehr hohen Umgebungstemperaturen in tropischen Gebieten) sowohl für stationäre als auch für mobile Anwendungen



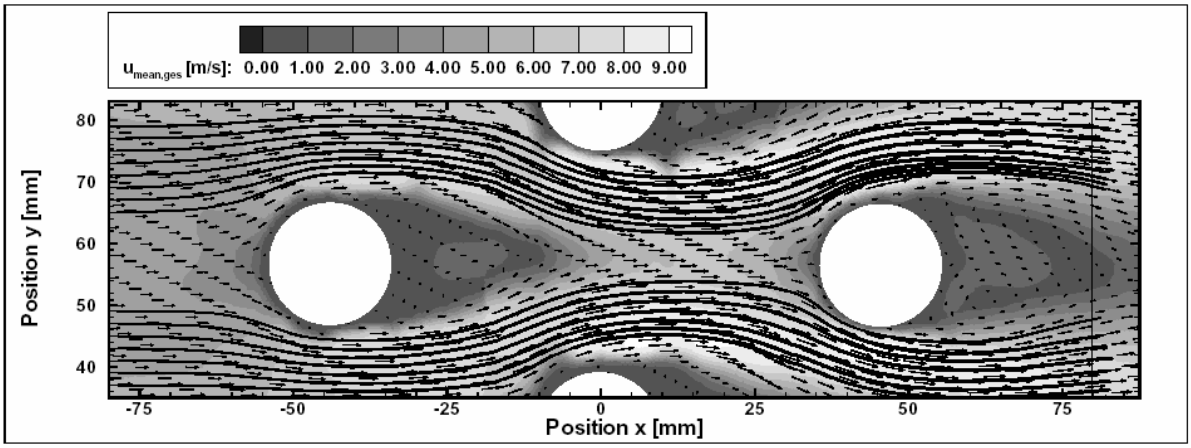
Kältemittelverdichter

- Untersuchung am Verdichterprüfstand
- Messung von Indikatordiagrammen im Zylinderraum
- Entwicklung von Simulationsmodellen



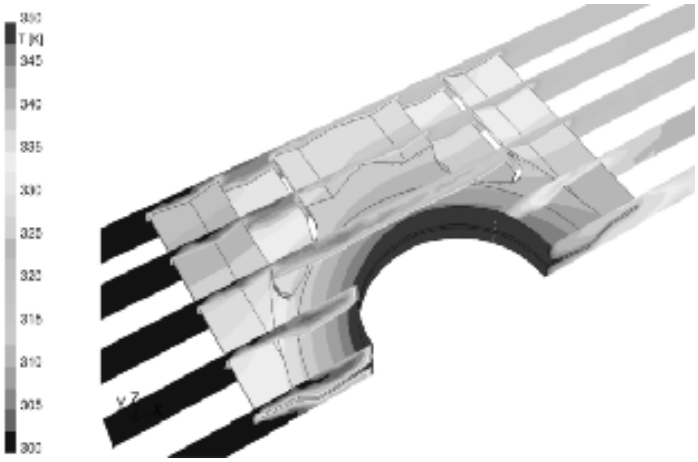
Untersuchung des Wärmeüberganges in Kompaktwärmeübertragern

- Simulation der Strömung auf Luft- und Kältemittelseite mittels CFD
- Strömungsmessungen mittels laseroptischer Verfahren (LDA und PIV)
- Untersuchung des Einflusses der Turbulenz auf den Wärmeübergang
- Untersuchungen des lokalen Wärmeübergangs mittels der Ammoniakabsorptions-methode (AAM) und Infrarot-Thermographie



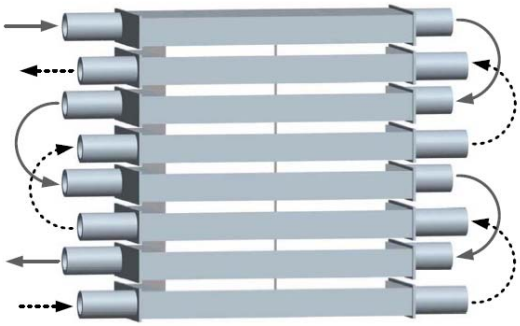
Wärme- und Stofftransport

- Wärme- und Stofftransport in Luftströmungen mit Kondensationsprozessen
- Wärme- und Stoffübertragung bei überkritischen Fluiden und Fluidgemischen



Thermoelektrik

- Grundsatzuntersuchungen zum Potential von thermoelektrischen Modulen
- Aufbau von Prototypen zum Heizen bzw. Kühlen sowie eines thermoelektrischen Generators
- Theoretische und experimentelle Untersuchung verschiedener System-varianten



Wärmeversorgungssystem mit CO_2-Wärme-pumpe

- Primärenergieoptimiertes Wärmever-sorgungssystem für Niedrigstenergie-Wohngebäude
- Einsatz eines Schichtenladespeichers gekoppelt mit Solarenergienutzung und CO_2-Wärmepumpe
- Theoretische sowie experimentelle Untersuchung verschiedener System-varianten
- Abstimmung und Optimierung des CO_2-Systems

Vereisungsproblematik des Verdampfers von Luft/Wasser-Wärmepumpen

- Aufbau eines Prüfstandes zur experimentellen Untersuchung der Vereisung eines CO_2-Wärmepumpenkreislaufes.
- Entwicklung von Maßnahmen speziell für CO_2 zur Verbesserung der Abtauung
- Modellbildung und Simulation unter Modelica

Zusammenarbeit mit Universitäten im In- und Ausland

- Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt (Prof. Weigand), Universität Stuttgart
- Institut für Thermodynamik (Prof. Kabelac), Helmut-Schmidt-Universität Hamburg
- Institut für Thermofluiddynamik (Prof. Schmitz), Technische Universität Hamburg-Harburg
- Centre for Molecular Simulation (Prof. Sadus), Swinburne University of Technology, Hawthorn, Australien
- Massachusetts Institute of Technology (MIT, Prof. Lienhard, Prof. Chen), Cambridge, USA
- Universidade Federal de Pernambuco em Recife (Primo Mendes, Wilmersdorf), Brasilien
- Jiao Tong University (Chen), Shanghai, China

Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen im In- und Ausland (Auswahl)

Behr GmbH & Co. KG	Liebherr-Transportation Systems GmbH
Bock Kältemaschinen GmbH	Obrist Engineering GmbH
DaimlerChrysler AG	SOLVIS GmbH & Co KG
Danfoss GmbH	TLK-Thermo GmbH
GEA Wiegand GmbH	Visteon Deutschland GmbH
Dynasim/Modelon	Volkswagen AG
Konvekta AG	

Themenbeispiele für Studien- und Diplomarbeiten sowie Projekt-, Bachelor-, Studien- und Masterarbeiten

Konstruktiv und planerisch

- Konstruktion eines Hitzdrahtanemometers zur Strömungsmessung (*)
- Konstruktion eines optimierten Abscheiders für den Ejektorkreislauf (*)
- Konstruktion eines Prüfstandes für CO_2-Ejektoren
- Aufbau einer CO_2-Kälteanlage und Konstruktion eines Kältemittel-Sammlers

- Konstruktion und Aufbau eines Prüfstandes zur Bestimmung der Wärmeübergangseigenschaften von Nanofluiden (*)

Theoretisch

- Simulation mit Modelica bei AUDI (*)
- Modellierung eines thermischen Expansionsventils unter Modelica
- Sensitivitätsanalyse von Parametern für Klimasysteme mittels Antwortflächenmethode (Response Surface Methods) (*)
- Parameteroptimierung von thermodynamischen Systemen unter Anwendung von Modelica/Dymola (*)
- Ermittlung eines effektiven Wechselwirkungspotentials für die molekulare Simulation aus Paarverteilungsfunktionen (*)
- Vergleich von verschiedenen, frei erhältlichen Programmen für die molekulare Simulation (*)
- Optimierungsverfahren für die Anwendung in technischen Systemen
- Untersuchung zum nutzerabhängigen Einsatz von PKW-Klimaanlagen in verschiedenen Klimaregionen und Auswirkungen auf den Energieverbrauch (*)
- Numerical Analysis of Turbulent Flows in Fin-and-Tube Heat Exchangers
- Strömungssimulation im Ejektor mit Hilfe von CFD-Methoden (*)
- Optimierung der Ejektorgeometrie mit Hilfe eines Ejektormodells (*)
- Energetischer Vergleich des Ejektors mit anderen Expansionsorganen sowie Kreislaufschaltungen unter Verwendung verschiedener Kältemittel (*)
- Aufbau einer Modellbibliothek für verschiedene Expansionsorgane (*)

(*)Themenbeispiele für Studien- und Diplomarbeiten, die am IfT in jüngster Zeit bearbeitet wurden oder zurzeit zu vergeben sind

Experimentell

- Experimentelle Untersuchung eines Axialverdichters für PKW-Klimaanlagen mit dem Kältemittel CO_2
- Untersuchung eines Sammlers für PKW-Klimaanlagen mit dem Kältemittel CO_2 (*)
- Untersuchung von verschiedenen Expansionsorganen bei einem Kältekreislauf mit dem Kältemittel CO_2
- Untersuchung von verschiedenen Expansionsorganen bei einem Kältekreislauf mit dem Kältemittel R134a (*)
- LDA- und PIV-Messungen zur Bestimmung turbulenter Phänomene in komplexen Geometrien
- Messung und Auswertung von lokalen Wärmeübergängen an gelouverten Wärmeübertragern mittels IR Thermographie (*)

Zusätzlich werden interessante (und bezahlte) Studien- und Diplomarbeiten mit Industrieunternehmen durchgeführt, für die immer engagierte Studierende gesucht werden.

Institut für Wärme- und Brennstofftechnik

Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr. techn. R. Leithner

Franz-Liszt-Straße 35
38106 Braunschweig
Tel.: (0531) 391–3030
Fax: (0531) 391-5932
Email: **iwbt@tu-bs.de**
http://www.wbt.ing.tu-bs.de

Institutsleiter:	Prof. Dr. techn. R. Leithner	391-3030
Sekretariat:	Frau I. Wolfram	391-3043
Werkstatt:	U. Herrmann	391-3039
Messtechnik:	W. Janßen	391-3040
Studienplanberatung:	Dipl.-Ing. C. Schlitzberger	391-3037

Abteilung „Verbrennungs- und Kraftwerkstechnik“

Abteilungsleiter:	Akad. OR. Dr.-Ing. H. Müller	391-3033
Wissenschaftliche Mitarbeiter :	MSc.-Eng. S. Ahmed	391-3035
	Dipl.-Ing. MSc.-Eng. A. Magda	391-3031
	Dipl.-Ing. MSc.-Eng. S. Magda	391-3031
	Dipl.-Ing. M. Strelow	391-3041
Doktoranden (extern):	MSc. Y. Heierle	
Lehrbeauftragter:	Prof. Dr.-Ing. J. Lehmann	391-3030

Abteilung „Innovative Energiesysteme“

Abteilungsleiter:	Dipl-Ing. C. Schlitzberger	391-3037
Wissenschaftliche Mitarbeiter :	Dipl.-Ing. S. Chen	391-3042
	Dipl.-Ing. A. Hauschke	391-3032
	Dipl.-Ing. L. Nielsen	391-3030
	Dipl.-Ing. Dawei Qi	391-3035
	Dipl.-Ing. Rune Staeck	391-3042
	Dipl.-Phys. C. Wesemeyer	391-3042
Lehrbeauftragte:	Prof. Dr.-Ing. H.-D. Berger	391-3030
	Dr.-Ing. S. Schmitz	391-3030

Lehrveranstaltungen des Institutes
Diplom (DPO 2003)

Wintersemester	Sommersemester
Wärme- und Stoffübertragersysteme (Energietechnik I) 2V/1Ü 5LP	Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen (Energietechnik II) 2V/1Ü 5LP
Thermische Energieanlagen (Energietechnik III) 2V/1Ü 5LP	Stationäre Simulation und Optimierung therm. Energieanlagen (ET IV) 2V/1Ü 5LP
Regelungstechnik für WI-MB 2V/1Ü 5LP	Thermische Behandlung von Abfällen 1V 2,5LP
Technikbewertung 1V 2,5LP	Klimaschutz und Energiewirtschaft 1V 2,5LP
Nukleare Energietechnik I 2V/1Ü 5LP	Risiko und Sicherheit großtechnischer Anlagen 2V 4LP
Risiko und Sicherheit großtechnischer Anlagen 2V 4LP	Wärmetechnik der Heizung und Klimatisierung 2V 4LP
Wärmetechnik der Heizung und Klimatisierung 2V 4LP	Angewandte numerische Simulation fluiddynamischer Systeme 2V 4LP
Mobile Brennstoffzellenanwendungen 2V 4LP	Nukleare Energietechnik II 2V 5LP
Energietechnisches Labor 4LP o. 8LP	Regenerative Energietechnik 2V 5LP
gemeinsame Lehrveranstaltungen der EVT	
Numerische Simulation (CFD): 2V/1Ü 5LP	Regelungstechnik und dynamische Modellbildung 2V/1Ü 5LP
Umweltschutztechnik I 2V 5LP	Umweltschutztechnik II 2V 5LP
Seminar und Kolloquium der Energie- und Verfahrenstechnik	Seminar und Kolloquium der Energie- und Verfahrenstechnik
Studienarbeiten (konstruktiv, experimentell, theoretisch)	12/24 LP
Diplomarbeiten (konstruktiv, experimentell, theoretisch)	30 LP
Projekte für Wirtschaftsingenieure MB	8 LP

Bachelor

Wintersemester	Sommersemester
Einführung in numerische Methoden für Ingenieure 3 SWS **4 LP**	Regelungstechnik für Wirtschaftsingenieure Maschinenbau 3 SWS **4 LP**
Grundlagen der Brennstoffzellen 3SWS **4 LP**	Einführung in die Regelungstechnik für Ingenieure 3 SWS **4 LP**
	Grundlagen der Energietechnik 3 SWS **4 LP**
	Grundlagen der Energietechnik mit Labor 5 SWS 6 **LP**
gemeinsame Lehrveranstaltungen der EVT	
Umweltschutz in Anlagen der Energie- und Verfahrenstechnik 3 SWS **4 LP**	
Abwasser- und Abfallbehandlung 3 SWS **4 LP**	
Projektarbeit	**8 LP**
Abschlussarbeit Bachelor	**14 LP**

Master

Wintersemester			Sommersemester		
Wärme- und Stoffübertragersysteme	3 SWS	**4 LP**	Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen	3 SWS	**4 LP**
Wärme- und Stoffübertragersysteme mit Labor	5 SWS	**6 LP**	Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen mit Labor	5 SWS	**6 LP**
Thermische Energieanlagen (Energietechnik III)	3 SWS	**4 LP**	Simulation und Optimierung therm. Energieanlagen	3 SWS	**4 LP**
Nukleare Energietechnik 1	3 SWS	**4 LP**	Mechanische und thermische Behandlung von Abfällen	3 SWS	**4 LP**
Risiko und Sicherheit großtechnischer Anlagen	3 SWS	**4 LP**	Nukleare Energietechnik 2	3 SWS	**4 LP**
Mobile Brennstoffzellen-anwendungen	3 SWS	**4 LP**	Wärmetechnik der Heizung und Klimatisierung	3 SWS	**4 LP**
Klimaschutz und Energiewirtschaft Technikbewertung	3 SWS	**4 LP**	Regenerative Energietechnik	3 SWS	**4 LP**
			Angewandte numerische Simulation fluiddynamischer Systeme	3 SWS	**4 LP**
gemeinsame Lehrveranstaltungen der EVT					
Numerische Simulation (CFD):	3 SWS	**4 LP**	Anlagen der Abwasser- und Abfall-behandlung und Lärmschutz	3 SWS	**4 LP**
Schutz der Erdatmosphäre	3 SWS	**4 LP**			
Projektarbeiten					12/24 LP
Abschlussarbeit Master					30 LP

Inhalte der Vorlesungen

Wärme- und Stoffübertragersysteme (Energietechnik I) - Prof. Leithner

- Definition und Entwurf von Wärme- und Stoffübertragersystemen
- Dimensionstheorie, Modelltheorie, Analogie
- Grundlagen der Berechnung bzw. Simulation von Wärme- und Stoffübertragern
- Bauarten, Auslegung von Wärme- und Stoffübertragern, Betrieb und Instandhaltung
- Werkstoffe und Festigkeitsberechnung
- Dynamik, Regelung und Steuerung
- Optimierung
- Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Normen

Thermische Energieanlagen (Energietechnik III) - Prof. Leithner

- Entwicklung des Dampferzeugerbaus
- Dampfkraftprozess
- Dampferzeugerauslegung
- Funktion und Auslegung von Hilfsanlagen
- Gas- und Dampfturbinen
- Kombianlagen und Mehrstoffprozesse

Regelungstechnik für Wirtschaftsingenieure MB - Prof. Leithner

- Grundbegriffe, Modellierung
- Ein-/Mehrgrößensysteme, Analyse linearer Eingrößensysteme
- Darstellung linearer Regelkreisglieder
- Reglerauslegung
- Blockschaltbilder, spezielle Regelkreisstrukturen
- zeitdiskrete Systeme, insb. der Logistik
- Übungen und Matlab/Simulink-Übungen

Numerische Simulation (CFD) – Professoren Kosyna, Leithner, Scholl

- Bilanzgleichungen
- Diskretisierungsmethoden
- Finite Volumen Methode

- Lösungsmethoden algebraischer Gleichungssysteme
- Modelle für Turbulenz, Wärmeübergang, chem. Reaktionen
- Mehrphasenströmung
- Überblick kommerzielle CFD Programme und Einführung in FLUENT, Simulationsbeispiele

Technikbewertung - Prof. Leithner

- Einführung in die Systemtheorie
- Technikbewertungsstudien (Sänger, Delphi-Umfrage, Solarenergienutzung, Chlorchemie, Transrapid, thermische Abfallbehandlung)
- Entwicklungsmöglichkeiten

Nukleare Energietechnik I – Prof. Berger

- Kernenergie und Energiewirtschaft
- Systeme zur nuklearen Energieumwandlung
- Kernphysikalische Grundlagen
- Diffusion & Bremsung von Neutronen
- Stationärer Kernspaltungsreaktor
- Zeitverhalten von Kernreaktoren

Risiko und Sicherheit großtechnischer Anlagen - Prof. Leithner

- Umweltschutz und Umweltvorsorge
- Sicherheitstechnik technischer Anlagen, Komponenten und Systeme
- Ökonomie und Humanwissenschaft in der Sicherheitstechnik
- Methoden der Risikoanalyse
- Studien auf dem Gebiet der Kerntechnik
- Risikostudien für Chemieanlagen
- Risiko bei der Verwendung von Wasserstoff
- Risikovergleiche nuklearer und konventioneller Energieumwandlungssysteme

Wärmetechnik der Heizung und Klimatisierung - Prof. Lehmann

- Grundlagen: Wärmehaushalt des Menschen, hygienische Forderungen an das Raumklima, h,x-Diagramm für feuchte Luft
- Heizungstechnik: Einzelheizungen, Zentralheizungen, Auslegungsdaten, Wärmebedarf, Bauelemente, Heizkessel, Heizflächen, Rohrnetze
- Klimatechnik: Systeme, Auslegungsdaten, Berechnungen (Ventilatoren, Luftwäscher, -überhitzer, -kühler), Luftführung im Raum, Regeltechnik

Mobile Brennstoffzellenanwendungen – Dr. S. Schmitz

- Alternative Antriebe, Geschichte und Funktionsprinzip der Brennstoffzelle
- Energieträger, vorrangig H_2-Erzeugung und –speicherung
- Elektrochemie, Leistung, Wirkungsgrad
- Brennstoffzellentypen (AFC, SOFC, PAFC, NCFC, PEMFC, DMFC)
- Anwendungsbereiche

Brennstoffe, Feuerungen und Brennstoffzellen (Energietechnik II) – Prof. Leithner

- Grundbegriffe der Energiewirtschaft und Energietechnik
- Energieverbrauch, -vorräte, -transport und rationeller Energieeinsatz
- Entstehung, Vorkommen, Förderung, Kennzeichnung, Aufbereitung und Veredelung fossiler Brennstoffe, Bio-Brennstoffe
- Vergasung und Verbrennung - Berechnung und Auslegung von Brennkammern
- Brennstoffzellen

Stationäre Simulation und Optimierung thermischer Energieanlagen (Energietechnik IV) - Prof. Leithner

- Überblick über energietechnische Anlagen
- Beschreibung der Komponenten wie z. B. Heizfläche, Turbine etc. durch stationäre Energie- und Massenbilanzen
- Einführung in das Programmsystem ENBIPRO zur stationären Kreislaufberechnung
- Beispielrechnungen (stationär) mit ENBIPRO: Dampferzeuger, Dampfkraftwerk, Gas- und Dampfturbinen, Kombikraftwerke
- Optimierung von Kreisläufen

Thermische Behandlung von Abfällen - Prof. Leithner

- Definitionen, Ströme und Zusammensetzung des Abfalls der BRD
- Gesetzliche Randbedingungen
- Verbrennung und Reaktionskinetik
- Anlagen zur thermischen Behandlung von Abfällen (Pyrolyse, Vergasung, Hydrierung, Verbrennung)
- Abgase (Schadstoffe, Messung und Abgasreinigungsanlagen), Reststoffe (Verwertung, Deponierung), Energie

Angewandte numerische Simulation fluiddynamischer Systeme - Prof. Leithner

- Aufbau und Funktionsweise von CFD-Programmen
- Erstellen eines Programmes zur Berechnung von laminaren Strömungen
- Anwendung kommerzieller Simulationsprogramme
- Auswertung und Bewertung der Simulationsergebnisse

Regelungstechnik und dynamische Modellbildung – Professoren Leithner, Scholl

- Regelungstechnik für lineare Systeme, siehe Vorlesung Regelungstechnik für Wirtschaftsing. MB
- Beispiele aus der Energie- und Verfahrenstechnik

Einführung in die Regelungstechnik für Ingenieure – Professoren Leithner, Scholl

- Regelungstechnik für lineare Systeme, siehe Vorlesung Regelungstechnik für Wirtschaftsing. MB
- Beispiele aus der Energie- und Verfahrenstechnik

Klimaschutz und Energiewirtschaft – Prof. Leithner

- Ursachen der Klimaänderung
- CO_2-Emissionen und Methoden der CO_2-Abscheidung und Deponierung
- Verpflichtung zur CO_2-Emissionsminderung (Kyoto-Protokoll)
- CO_2-freie Energieversorgung
- Auswirkungen der Liberalisierung des Strom- und Gasmarktes

Nukleare Energietechnik II – Prof. Berger

- Wärmeerzeugung und -transport
- Kühlkreisläufe und Arbeitsprozesse
- Strahlenschutz und Strahlungsnachweis
- Werkstoffe im Kernreaktor
- Sicherheitstechnik und –analyse

Regenerative Energietechnik – Professoren Fisch, Fricke, Kosyna, Leithner u. PD Wehmann

- Energiebedarf und -ressourcen, ökologische Aspekte (Emissionen und Klimaänderungen)
- Solarthermische Anlagen im Nieder- und Hochtemperaturbereich, Biomasse und Biogas
- Geothermische Anlagen
- Wärmepumpen
- Wasserkraftwerke
- Windenergie
- Photovoltaik

Grundlagen der Energietechnik - Prof. Leithner

- Grundbegriffe der Energietechnik und der Energiewirtschaft
- Übersicht über fossile und regenerative Energieträger
- Verbrennungsrechnung
- Wasserdampfkreislauf
- Kälte und Wärme für Gebäude
- Windenergie
- Photovoltaik

Einführung in numerische Methoden für Ingenieure - Prof. Leithner

- Motivation für Simulationen
- Beschreibung von dynamischen Systemen mit algebraischen Gleichungen und gewöhnlichen Differentialgleichungen
- Lösung nichtlinearer Gleichungssystemen
- Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen mit expliziten und impliziten Verfahren

Energietechnisches Labor:
Das Energietechnische Labor wird gemeinsam mit den Instituten für Strömungsmaschinen (Prof. Kosyna) und Thermodynamik (Prof. Köhler) durchgeführt. Es besteht aus acht Laborversuchen und zwar aus drei Versuchen beim IWBT, drei beim Inst. für Strömungsmaschinen (PFI) und zwei beim Inst. für Thermodynamik (IfT). Am IWBT werden folgende Versuche angeboten, von denen drei zu wählen sind:

1. Bestimmung des Brennwertes von festen und gasförmigen Brennstoffen
2. Emissionsmessungen an einer Kohlenstaub-Demonstrationsfeuerung
3. Wirkungsgradkennlinie einer Solarkollektoranlage
4. Kritisches Experiment am Versuchsreaktor der TU Dresden

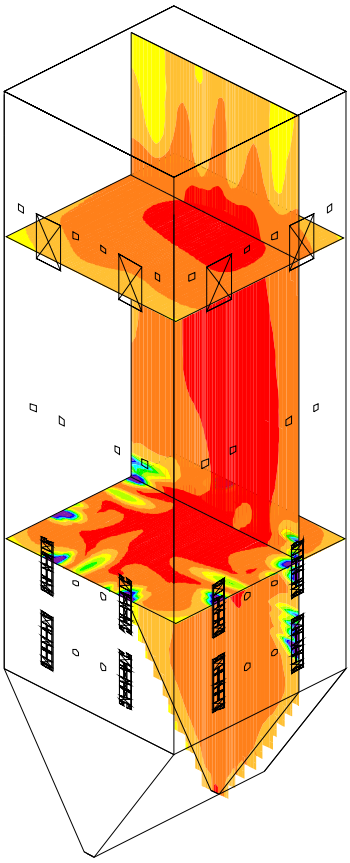
Arbeitsgebiete des Institutes

Verbrennungs- und Kraftwerkstechnik	Innovative Energiesysteme
Feuerungen: Kohlen-, Gas- und Ölfeuerungen Wirbelschichtfeuerungen Verschlackung und Verschmutzung Thermische Abfallbehandlung Kraftwerksdynamik und Leittechnik Fortschrittliche Kraftwerkskonzepte und Kreislaufberechnung (u. a. Gas- und Dampfturbinen-Kombianlagen) und Optimierung Auslegung, Konstruktion und Fertigung von Dampferzeugern und Kraftwerken mit EDV (CAD, CAM) Rationelle Energieverwendung und Energieversorgungsstrukturen – Auswirkungen auf die Umwelt	Regenerative und nukleare Energieerzeugung Verbesserung und Weiterentwicklung von Auslegungsverfahren für neue Energiesysteme und Kernreaktoren Wärmeübertragungsverhalten von Wärmetauschern Solarthermische Anlagen (Solararchitektur und Solarkraftwerke) Biomasse und Geothermie Großtechnische Energiespeicher, insbesondere Druckluftspeicherkombikraftwerk, Hochtemperatur-Wärmespeicher) Kombinierte Kreisläufe mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen, Vergasung/Reformierung und CO_2-Abscheidung

Arbeitsgebiete der Abteilung „Verbrennungs- und Kraftwerkstechnik“

Verschlackung und Verschmutzung
Bei der Verbrennung der Kohle werden die Mineralien der Kohleasche in der Flamme zum Teil aufgeschmolzen, zum Teil zersetzt. Vor allem die Erdalkalien und deren Verbindungen verdampfen bzw. desorbieren aus den Kohlepartikeln. Kondensieren oder sublimieren die Erdalkalien an den Heizflächen und den Feuerraumwänden, bilden sie die erste Verschmutzungsschicht, an der Asche haftet und sich zu Belägen aufbaut. Flüssige oder angeschmolzene Aschekörner haften ebenfalls bei Auftreffen auf die Heizflächen. Diese Beläge behindern den Wärmeübergang und führen bei entsprechender Dicke zur Versperrung der Heizflächenzüge. Die Verschlackung und Verschmutzung der Heizflächen sind auch an Korrosionsvorgängen beteiligt und können im Extremfall durch den Anstieg des Druckverlustes und der Rauchgastemperatur oder durch mechanische Zerstörungen verursacht durch herabfallende Platten und Brocken die Unterbrechung des Betriebes erzwingen.

Das Programmsystem FLOREAN bietet die Möglichkeit, über die Berechnung der Flugbahnen der Kohlepartikel und deren Temperatur beim Auftreffen auf eine Heizfläche und durch die Berechnung der Mineralumwandlung auf den Flugbahnen Vorhersagen über das Verschlackungs- und Verschmutzungsverhalten zu treffen.



Feuerungen

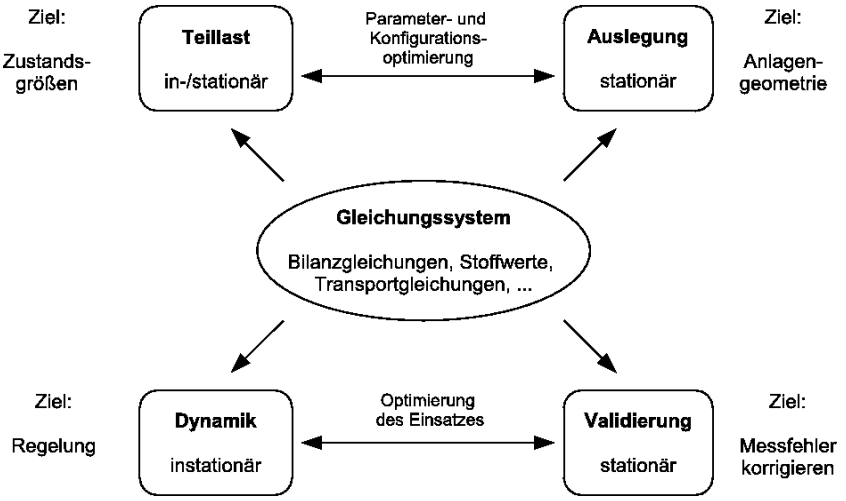
Für die Planung und Weiterentwicklung von Feuerungen werden zunehmend statt teurer Experimente Simulationen eingesetzt. Für diesen Zweck wurde am Institut das Simulationsprogramm FLOREAN (**FLO**w and **REA**ctio**N**) entwickelt. Die partiellen Differentialgleichungen der Erhaltungssätze von Energie, Impuls und Masse und den an den Reaktionen beteiligten Stoffkomponenten (Brennstoff, Sauerstoff, Abgaskomponenten, Schadstoffe) werden numerisch mit einem Finite-Volumen-Verfahren integriert. Zusätzliche mathematische Modelle berücksichtigen den Einfluss der Turbulenz auf die Vorgänge in der Brennkammer, den Wärmeübergang durch Strahlung, die Reaktionen der Verbrennung und der Schadstoffbildung. Für jedes der bis 4 Millionen Volumenelemente ist numerisch ein gekoppeltes System von teilweise über 20 partiellen Differentialgleichungen einschließlich der Reaktionskinetik des Abbrandes, der Schadstoffbildung etc. zu lösen.

Zur Auswertung der Ergebnisse finden umfangreiche Grafikprogramme Verwendung, u. a. zur Darstellung des Verlaufs jeder beliebigen Berechnungsgröße in frei wählbaren Schnitten (siehe Bild).

Arbeitsgebiete der Abteilung „Innovative Energiesysteme“

Simulation und Optimierung von energietechnischen Anlagen

Am IWBT ist im Rahmen mehrerer Dissertationen und Projekte ein Programmsystem mit dem Namen EnBiPro (Energiebilanzprogramm) entstanden, welches verschiedene Berechnungsoptionen auf der Basis eines allgemeingültigen Gleichungssystems der Erhaltungssätze (Impuls, Masse, Energie), Transportgleichungen (konstitutive Gleichungen) und Beziehungen für Stoffwerte ermöglicht. Die Berechnungsoptionen sind, wie in der Abbildung dargestellt, Auslegungsrechnung bzw. Volllastrechnung, Teillastrechnung, Validierung von Messwerten und Dynamik sowie Regelung. Zusätzlich besteht die Möglichkeit EnBiPro mit Optimierungsprogrammsystemen, wie dem an der TU Braunschweig in Entwicklung befindlichen „Platon“ zu koppeln.



Beispiele für Kreisläufe / Schaltungen, die stationär / instationär mit EnBiPro simuliert werden können:

- Wasser-Dampf-Kreisläufe thermischer Kraftwerke (inkl. Rauchgasseite)
- Gasturbinenanlagen
- Brennstoffzellenkreisläufe inkl. Brennstoffaufbereitung (Reformierung/Vergasung von Kohlenwasserstoffen)
- Regelungstechnik/Simulation mit verallgemeinerten Übertragungsfunktionen
- Speicherung von Masse und Energie (z.B. Druckluftspeicher und Wärmespeicher)

Entwicklung und Untersuchung innovativer Energiewandlungskonzepte

Kraftwerke mit inhärenter CO_2-Abtrennung

Prozesse mit inhärenter Luftzerlegung sind für die CO_2-Abtrennung aus Rauchgasen fossil befeuerter Energiewandlungsanlagen besonders interessant, wenn sie zudem ein den bisherigen Prozessen überlegenes Wirkungsgradpotential haben. Durch die inhärente Luftzerlegung entsteht dabei einerseits O_2-arme Luft, d.h. im Wesentlichen Stickstoff, und andererseits ein Abgas, das überwiegend aus CO_2 und Wasserdampf bzw. nach der Kondensation des Wasserdampfes im Wesentlichen aus CO_2 besteht. Diese beiden Abgasströme dürfen natürlich nicht vermischt werden, wenn die einfache CO_2-Abtrennung durch Wasserdampfkondensation erhalten bleiben soll. Der Vorteil solcher Prozesse liegt darin, dass der Wirkungsgrad durch die CO_2-Abtrennung nicht beeinträchtigt wird. Realisieren lassen sich entsprechende Kreisläufe beispielswiese mittels der sauerstoffionen-leitenden Membran einer SOFC (siehe nächster Abschnitt) oder durch eine gemischtleitende Membran oder durch Metall-Metalloxidkreisläufe. Wietere am IWBT untersuchte Konzepte zur CO_2-Abtrennung sind CaO-$CaCO_3$-Kreisläufe. Ferner wird die CO_2-Deponierung durch Mineralisierung (Karbonatbildung) untersucht.

Entwicklung von Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) -Stacks und -Systemen

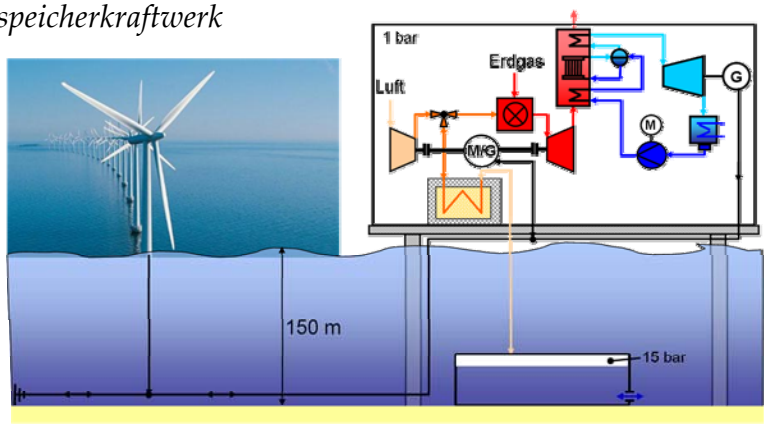
Aufgrund der hohen Wirkungsgrade sowie der Brennstoff- und Einsatzflexibilität besitzen Hochtemperaturbrennstoffzellen ein großes Potential, die zukünftigen Anforderungen im Bereich der Energieversorgung erfüllen zu können. Die Kombination einer Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) mit einem allothermen Vergaser bzw. Reformer stellt ein innovatives Konzept zur hoch effizienten Verstromung gasförmiger, flüssiger und fester Brennstoffe dar. Dem Vergaser/Reformer wird dabei ein Teil der Abhitze der SOFC, sowie als Vergasungs-/Reformierungsmittel aufgrund der hohen Wasserdampfkonzentration, ein Teilstrom des Anodenabgases der SOFC, zugeführt. Das im Vergaser/Reformer entstehende Synthesegas wird in der SOFC mit hohen elektrischen Wirkungsgraden von bis zu 50 % umgesetzt. Aufgrund der Einbindung der Abwärme der SOFC (Temperaturniveau: 800-1000°C) in den endothermen Vergasungsprozess (Prinzip der chemischen Wärmepumpe) können in Abhängigkeit des eingesetzten Brennstoffes elektrische Systemwirkungsgrade von über 60 % erreicht werden. Zudem wird am IWBT ein innovatives SOFC-Stackdesign entwickelt, das die Reformierung/Vergasung für die interne Kühlung der SOFC nutzt und auch die Wärmeübertrager für die Vorwärmung der Luft und des Brenngases integriert.

Rationelle Energieverwendung und Energieversorgungsstrukturen – Auswirkungen auf die Umwelt

Innerhalb dieses Arbeitsgebietes werden die Energieeinsparungen durch Verflechtung verschiedener Verbraucher energetisch, wirtschaftlich (Pinch-Point-Analyse, Exergo-Ökonomische Analyse) und ökologisch analysiert und optimiert, auf folgenden Gebieten:

- Rationelle Energieverwendung in der Industrie
- Energieversorgungsstruktur einer Region (z. B. Stadt Braunschweig)
- Heizungs- und Klimatechnik, aktive und passive Solarenergienutzung in Wohngebäuden (in Zusammenarbeit mit Prof. Fisch (Architektur))

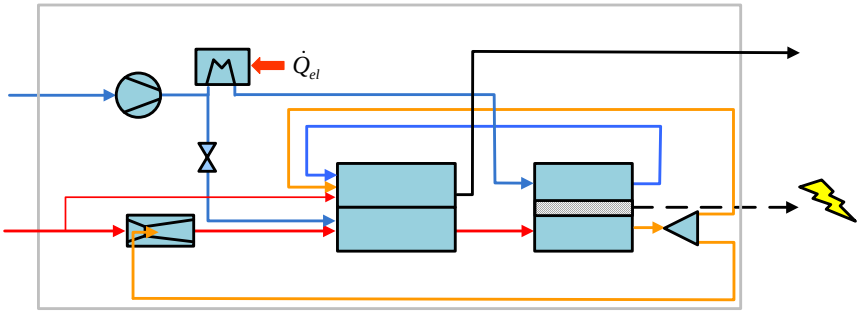
Isobares, adiabates (GuD-) Druckluftspeicherkraftwerk



Durch die zunehmend schwankende Bereitstellung von elektrischem Strom z.B. durch Windenergieanlagen wird eine Speicherung notwendig. Am IWBT wird zu diesem Zweck ein isobares GuD-Druckluftspeicherkraftwerk mit Wärmespeicher entwickelt. Basis des Prozesses ist ein isobarer Volumenspeicher, dessen Volumen und Druck durch eine Wassersäule reguliert wird. Die Druckluft wird während des Einspeichervorgangs nach dem Verdichter in einem regenerativen Wärmetauscher abgekühlt, bevor sie im isobaren Druckluftspeicher das Wasser verdrängt. Beim Ausspeichern (das Wasser strömt wieder in den Speicher) wird die Druckluft im regenerativen Wärmetauscher mit der eingespeicherten Kompressionswärme wieder aufgeheizt und je nach Anlagenvariante direkt in einer Heißluftturbine oder unter Zufeuerung von Erdgas in einer Gasturbine entspannt. Hinter der Gasturbine folgt ein Abhitzedampferzeuger eines Wasserdampfkreislaufs. Dadurch werden hohe Speicherwirkungsgrade > 80 % und hohe Speicherdichten erzielt.

Mathematische Modellierung und dynamische Simulation eines SOFC-Brennstoffzellensystems mit partieller Anodenrestgas-Rückführung

In diesem Projekt wird ein neuartiges Konzept für Hochtemperatur-Brennstoffzellen entwickelt. Ziel ist es, gleichzeitig den Wirkungsgrad zu verbessern und die Komplexität des Systems gegenüber bestehenden Systemen zu verringern. Diese Zielsetzung wird durch partielle Rückführung des Anodenrestgases der Brennstoffzelle erreicht.



Für die Auslegung des Brennstoffzellensystems und die Entwicklung eines Regelungskonzeptes sind Simulationen des stationären und dynamischen Verhaltens unerlässlich. Im IWBT wird dazu mit Matlab/Simulink ein Modell entwickelt, mit dem die dynamischen Vorgänge beim Anfahren und bei Lastwechseln theoretisch untersucht werden können.

Zusammenarbeit mit Technischen Universitäten im Ausland - von der EU geförderter Studentenaustausch:

1. Bulgarien	: TU-Sofia	6. Österreich	: TU-Wien
2. Großbritannien	: Univ. of Nottingham : Univ. of Cranfield	7. Polen	: TU-Gliwice
3. Frankreich	: INSA-Rouen	8. Rumänien	: TU-Timisoara
4. Griechenland	: TU-Athen	9. Russland	: TU-Tomsk
5. Kasachstan	: TU-Alma Ata	10.Ungarn	: TU-Budapest, TU-Miscolc

Zusammenarbeit mit zahlreichen Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen im In- und Ausland:

- Alstom
- BKB (Helmstedt)
- Electricité de France (Frankreich)
- EON
- ESCOM (Südafrika)
- Hitachi
- Mitsubishi (Japan)
- Public Power Coop. (Griechenland)
- RWE
- Siemens
- SOLVIS GmbH & Co KG (Braunschweig)
- BS Energy

und zahlreiche andere in- und ausländ. Unternehmen insb. Energieversorgungsunternehmen

Aktuelle Themenbeispiele für Studien- und Diplomarbeiten:

Kraftwerkssimulation und -optimierung
- Simulation erweiterter Konzepte von Druckluftspeicherkraftwerken
- Simulation der Regelung von Überhitzerheizflächen in Braunkohleblöcken

CFD - Simulationen
- Hochtemperatur Mineralumwandlungen in Kohlefeuerungen
- Simulation von Brennstoffzellen
- Simulation von allothermen Biomassevergasungen

Messwerterfassung, Validierung, Diagnose
- Messung des Kohlenstaubmassenstroms in kohlenstaubgefeuerten Kraftwerken
- Validierung von Messungen an Luftvorwärmern

Regenerative Energietechnik
- Nahwärmeversorgungskonzepte mit Einbindung von Sonnenenergie
- Monitoring einer Solarkollektoranlage
- Endlagerung von CO_2 als Karbonatmineral

Einsatz neuer Werkstoffe im Kraftwerks- und Ofenbau
- Einsatzpotential eines keramischen Hochtemperatur-Rekuperators zur Wärmerückgewinnung in Industrieöfen

Nukleare Energietechnik
- Flanschverbindungen unter transienten Temperaturbelastungen
- Druckpulsationen in den Wirkdruckleitungen eines Frischdampfstutzens

Eine vollständige Liste der aktuell angebotenen Studien-, Projekt- und Diplomarbeiten finden Sie auf unserer Homepage www.wbt.ing.tu-bs.de in der Rubrik „Studium“.