

VII. Studienplan für den universitären Diplomstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik der Universität der Bundeswehr München

Der Studienplan füllt die Studienordnung vom 01. August 1995 inhaltlich aus. Er wurde am 11. Oktober 1995 vom Fachbereichsrat der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik verabschiedet und gilt ab 01. Oktober 1995 für alle Studenten des universitären Diplomstudienganges Luft- und Raumfahrttechnik, die das Studium zu diesem Zeitpunkt begonnen haben.

Inhaltsverzeichnis

- A. Erläuterungen zu den tabellarischen Übersichten
- B. Studienplan für das Grundstudium
- C. Studienplan für das Hauptstudium
- D. Übersicht über die Prüfungstermine
- E. Lehrinhalte und Verantwortliche

A. Erläuterungen zu den tabellarischen Übersichten

Erläuterung der Abkürzungen in den tabellarischen Übersichten für das Grund- und Hauptstudium:

LV Lehrveranstaltung

Lehrveranstaltungsarten, die Begriffe sind in § 6 StO definiert:

V Vorlesung

Ü Übung

SÜ Seminarübung

S Seminar

P Praktikum

AP Apparatives (Geräte-) Praktikum

ZV Zulassungsvoraussetzung für einen bestimmten Prüfungsabschnitt

Zulassungsvoraussetzungen, sie sind in §§ 8, 11, 16 und 17 FPO genannt:

S Schein, benotet

T Teilnahmechein

Die Ziffer hinter S oder T zeigt den Abschnitt der Diplomvorprüfung (Grundstudium) oder Diplomprüfung (Hauptstudium) an, für den der Schein oder Teilnahmechein Zulassungsvoraussetzung ist.

An einigen Stellen des Curriculums im Pflichtfachteil des Hauptstudiums bestehen Wahlmöglichkeiten zwischen zwei oder drei gleichwertigen Alternativen. Eine Alternative ist auszuwählen. Die erste Alternative ist durch einen Kleinbuchstaben, die korrespondierenden Alternativen sind durch den eingeklammerten Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Die Wahlpflichtfächer des Hauptstudiums nach § 12 FPO sind keinem bestimmten Trimester zugeordnet. Sie sind zusätzlich zu belegen.

Das Apparative Praktikum in der Studienrichtung Luft- und Raumfahrttechnik ist schwerpunktspezifisch angelegt. Jeder Student der Studienrichtung Ingenieurplanungstechnik nimmt an einem dieser Praktika, für das er die Teilnahmevoraussetzungen erfüllt, teil.

Die erziehungs- und gesellschaftswissenschaftlichen Anteile des Studiums sind in den folgenden Übersichten nicht aufgeführt. Auf §§ 3, 8, und 11 FPO wird verwiesen.

B. Studienplan für das Grundstudium

1. Trimester					
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Umfang TWS	ZV für Prüfung	Prüfung in DVP	Prüfungsfach
Höhere Mathematik I	V SÜ	4 2		1	Mathematik
Experimentalphysik I	V Ü	5 1		1	Physik
Technische Mechanik I	V SÜ	4 2		1	Technische Mecha- nik
Werkstoffkunde I	V Ü	2 1		1	Materialkunde
Einführung in die Chemie	V	3		1	Materialkunde
Allgemeine Elektro- technik	V SÜ	2 2		1	Elektrotechnik
Maschinenzeichnen	V P	2 2	S2		
Trimesterwochenstunden		32			
1. Trimester					

2. Trimester					
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Umfang TWS	ZV für Prüfung	Prüfung in DVP	Prüfungsfach
Höhere Mathematik II	V SÜ	4 2		1	Mathematik
Experimentalphysik II	P	2	T2	1	Physik
Struktur der Materie	V Ü	2 1		1	Physik
Technische Mechanik II	V SÜ	4 2		1	Technische Mecha- nik
Werkstoffkunde II	V P	3 2	T2	1	Materialkunde
Elektronik	V Ü	2 2		1	Elektrotechnik
Trimesterwochenstunden		26			
2. Trimester					

3. Trimester					
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Umfang TWS	ZV für Prüfung	Prüfung in DVP	Prüfungsfach
Höhere Mathematik III	V SÜ	3 2		2	Mathematik
Höhere Technische Mechanik I	V SÜ	4 2		2	Höhere Technische Mechanik
Thermodynamik I	V SÜ	3 1		2	Thermodynamik
Numerische Mathematik I	V SÜ	2 1		2	Numerische Mathematik
Maschinenelemente I	V SÜ	4 2		2	Maschinenelemente
Rechneranwendungen I	V P	1 2		2	Numerische Mathematik
Trimesterwochenstunden		27			
3. Trimester					

4. Trimester					
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Umfang TWS	ZV für Prüfung	Prüfung in DVP	Prüfungsfach
Höhere Mathematik IV	V SÜ	2 2		2	Mathematik
Höhere Technische Mechanik II	V SÜ P	3 2 1	T2	2	Höhere Technische Mechanik
Thermodynamik II	V SÜ	3 2		2	Thermodynamik
Numerische Mathematik II	V SÜ	2 1		2	Numerische Mathe- matik
Maschinenelemente II	V SÜ	4 4		2	Maschinenelemente
Trimesterwochenstunden 4.		26			
Trimester					

C. Studienplan für das Hauptstudium

5. Trimester														
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Um fang TWS	Luft- und Raumfahrttechnik								Inge nieur plan. tech nik	ZV für Prü fung	Prü fung in DP	Prüfungsfach
			Ther mo dyna mik	Fluid dyna mik	Syst. dyna mik u.i.V.	An trie be	Flug zeug bau	Raum fahrt tech nik	Leicht bau struk turen					
Wärme- und Stoffüber- tragung	V SÜ	3 1	4	4	4	4	4	4	4	4	4		1	Wärme- und Stoffüber- tragung
Strömungs- mechanik I	V SÜ	2 2	4	4	4	4	4	4	4	4	4		1	Grundlagen der Luft- und Raumfahrt- technik
Flugmechanik I	V SÜ	2 1	3	3	3	3	3	3	3	3	3		1	Grundlagen der Luft- und Raumfahrt- technik
Meß- technik I	V SÜ P	2 1 1	4	4	4	4	4	4	4	4	4		1	Meß- und Re- gelungstechnik
Steuer- und Regelungs- technik I	V SÜ	2 2	4	4	4	4	4	4	4	4	4		1	Meß- und Re- gelungstechnik
TWS 5. Trimester			19	19	19	19	19	19	19	19	19			

6. Trimester													
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Um fang TWS	Luft- und Raumfahrttechnik							Inge nieur plan. tech nik	ZV für Prü fung	Prü fung in DP	Prüfungsfach
			Ther mo dyna mik	Fluid dyna mik	Syst. dyna mik u.i.V.	An trie be	Flug zeug bau	Raum fahrt tech nik	Leicht bau struk turen				
Aerodynamik I	V SÜ	3 1	4	4	4	4	4	4	4	4		1	Grundlagen der Luft- und Raumfahrt- technik
Strömungs- mechanik II	V SÜ	2 2	4	4		4	4	4	4			1	Grundlagen der Luft- und Raumfahrt- technik
Flugmechanik II	V SÜ	2 1			3		3					1	Grundlagen der Luft- und Raumfahrt- technik
Meß- technik II	V P	2 3	5	5	5	5		5				1	Meß- und Re- gelungstechnik
Steuer- und Regelungs- technik II	V SÜ	2 2			4		4	4	(4) (a)			1	Meß- und Re- gelungstechnik
Raumfahrt- technik I	V SÜ	3 1	4	4	4	4	4	4	4	4		2	Luft- und Raumfahrt- systeme
Numerische Mathematik III	V SÜ	2 1	3	3		3	3	3	3			2	Angewandte Mathematik
Nichtgleich- gewicht- thermodyn.	V SÜ	2 1	3									2	Nichtgleich- gewicht- thermodyn.
Abtast- systeme	V SÜ	2 1			3				3 a			1	Meß- und Re- gelungstechnik
Operations Research I,II	V SÜ	4 3								7		1	Angewandte Mathematik für IPT
Statistik I,II	V SÜ	4 3								7		1	Angewandte Mathematik für IPT
TWS 6. Trimester			23	20	23	20	22	24	18	22			

7. Trimester														
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Um fang TWS	Luft- und Raumfahrttechnik								Inge nieur plan. tech nik	ZV für Prü fung	Prü fung in DP	Prüfungsfach
			Ther mo dyna mik	Fluid dyna mik	Syst. dyna mik u.i.V.	An trie be	Flug zeug bau	Raum fahrt tech nik	Leicht bau struk turen					
Luftfahrt- technik I	V SÜ	2 2	4	4	4	4	4	4	4	4		2	Luft- und Raumfahrt- systeme	
Strömungs- maschinen I	V SÜ	2 2	4	4	4	4	4	4	4	4		2	Luft- und Raumfahrt- systeme	
Leichtbau I	V SÜ	2 2	4	4	4	4	4	4	4	4		2	Konstruktion. d. Luft- und Raumfahrt- technik	
Werkstoffe I	V SÜ	2 1				3	3	3	3			2	Konstruktion. d. Luft- und Raumfahrt- technik	
Rechneran- wendungen II	V P	1 2	3	3		3	3	3	3			2	Angewandte Mathematik	
Finite Elemente	V P	2 2							4			2	Leichtbau	
Informations- prozesse in Industrieun- ternehmen I	V SÜ	2 1								3		3	Informations- prozesse. in In- dustrieunter- nehmen I, II u. III	
Betriebswirt- schaftslehre I	V SÜ	2 2								4		2	Betriebswirt- schaftslehre I und II	
Recht I	V SÜ	2 2								4		3	Recht I, II u. III	
TWS 7. Trimester			15	15	12	18	18	18	22	23				

8. Trimester													
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Um fang TWS	Luft- und Raumfahrttechnik							Inge neur plan. tech nik	ZV für Prü fung	Prü fung in DP	Prüfungsfach
			Ther mo dyna mik	Fluid dyna mik	Syst. dyna mik u.i.V.	An trie be	Flug zeug bau	Raum fahrt tech nik	Leicht bau struk turen				
Apparatives Praktikum oder Apparatives Praktikum I	AP	3	3	3	3	3	3	3	3	3	S3		
Luftfahrt- technik II	V SÜ	2 2	4 b		4 c	4 d	4		4 e	4 f		2	Luft- und Raumfahrt- systeme
Raumfahrt- technik II	V SÜ	2 2	(4) (b)		(4) (c)	(4) (d)		4	(4) (e)	(4) (f)		2	Luft- und Raumfahrt- systeme
Strömungs- maschinen II	V SÜ	2 2				4	4			(4) (f)		2	Luft- und Raumfahrt- systeme
Leichtbau II	V SÜ	2 2					4		4			2	Konstruktion. d. Luft- und Raumfahrt- technik
Werk- stoffe II	V	3				3		3 g				2	Konstruktion. d. Luft- und Raumfahrt- technik
Werk- stoffe II.7	V	4							4			2	Konstruktion. d. Luft- und Raumfahrt- technik
Prozeß- thermo- dynamik	V SÜ	2 2	4									2	Nichtgleich- gewichts- thermodyn.
Chemische Thermodyn.	V SÜ	2 1	3									3	Thermofluid- dynamik
Rechneran- wendungen III.1	V P	1 2	3								S3		
Aerodynamik II	V SÜ S	2 1 1		4								3	Fluidodynamik
Strömungs- physik	V SÜ	2 1		3								3	Fluidodynamik

8. Trimester (Fortsetzung)													
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Um fang TWS	Luft- und Raumfahrttechnik							Inge nieur plan. tech nik	ZV für Prü fung	Prü fung in DP	Prüfungsfach
			Ther mo dyna mik	Fluid dyna mik	Syst. dyna mik u.i.V.	An trie be	Flug zeug bau	Raum fahrt tech nik	Leicht bau struk turen				
Turbulente Strömungen I	V SÜ	2 2		4								3	Fluiddynamik
Flugmech./ Anthro- potechnik	V Ü S	2 1 1			4							2	Flugführung
Flugführung/ Flug- navigation	V SÜ	2 1			3							2	Flugführung
Flugregelung	V SÜ	2 1			3							2	Flugregelung
Rechneran- wendungen III.3	V P	1 2			3						S3		
Antriebs- komponenten	V SÜ	2 2				4						3	Antriebe
Weltraum- physik	V SÜ	2 1						3				3	Satellitentechnik
Struktur- dynamik	V SÜ	2 2						4	4			3 2	Raumfahrzeug- bau bzw. Leichtbau
Informations- prozesse in Industrie- unternehmen II	V SÜ	2 1								3		3	Informations- prozesse. in In- dustrieunter- nehmen I, II u. III
Personal- management und Führung I	V SÜ	2 1								3		3	Personal- management und Führung I u. II
Betriebswirt- schaftslehre II	V SÜ	2 2								4		2	Betriebswirt- schaftslehre I und II
Recht II	V SÜ	2 2								4		3	Recht I, II u. III
TWS 8. Trimester			17	14	20	18	15	17	16	21			

9. Trimester														
Gegenstand/ Studienfach	LV Art	LV Um fang TWS	Luft- und Raumfahrttechnik							Inge nieur plan. tech nik	ZV für Prü fung	Prü fung in DP	Prüfungsfach	
			Ther mo dyna mik	Fluid dyna mik	Syst. dyna mik u.i.V.	An trie be	Flug zeug bau	Raum fahrt tech nik	Leicht bau struk turen					
Apparatives Praktikum oder Apparatives Praktikum II	P	3	3	3	3					3		S3		
Kälte- und Klimatechnik	V	3	3										3	Thermofluid- dynamik
Höhere Strömungs- mech. oder Turb. Strö- mungen II	V SÜ	2 1		3									3	Fluiddynamik
Rechneran- wendungen III.2	V P	1 2		3								S3		
Raumfahrt- antriebe	V SÜ	2 1				3		(3) (g)					3	Antriebe bzw. Raumfahrzeug- bau
Luftfahrt- technik III	V SÜ	2 2					4						3	Luftfahrttechnik III
Dynamik und Regelung von Satelliten	V SÜ	2 1						3					3	Satellitentechnik
Informations- prozesse in Industrieun- ternehmen III	V SÜ	2 1									3		3	Informations- prozesse. in In- dustrieunter- nehmen I, II u. III
Personal- management und Führung II	V SÜ	1 1									2		3	Personal- management und Führung I u. II
Recht III	V SÜ	1 1									2		3	Recht I, II u. III
TWS 9. Trimester			6	9	3	3	4	3	3	7				

Wahlpflichtfächer und Gesamtumfang des Hauptstudiums	Luft- und Raumfahrttechnik							Inge nieurpla- nungs technik
	Ther mo dyna mik	Fluid dyna mik	System dynamik u.i.V.	An trie be	Flug zeug bau	Raum fahrt tech nik	Leicht bau struk turen	
Wahlpflichtfach 1 mit 3 TWS	3	3	3	3	3	3	3	3
Wahlpflichtfach 2 mit 3 TWS	3	3	3	3	3	3	3	3
Wahlpflichtfach 3 mit 3 TWS		3	3	3	3		3	
Trimesterwochenstunden im 5. Trimester	19	19	19	19	19	19	19	19
Trimesterwochenstunden im 6. Trimester	23	20	23	20	22	24	18	22
Trimesterwochenstunden im 7. Trimester	15	15	12	18	18	18	22	23
Trimesterwochenstunden im 8. Trimester	17	14	20	18	15	17	16	21
Trimesterwochenstunden im 9. Trimester	6	9	3	3	4	3	3	7
Gesamtumfang Hauptstudium	86	86	86	87	87	87	87	98

D. Übersicht über die Prüfungstermine

1. Studienjahr												
1. Trimester			2. Trimester			3. Trimester						
Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	
						DVP1-R						DVP1-W1

2. Studienjahr											
4. Trimester			5. Trimester			6. Trimester					
Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
			DVP1-W2				DVP2-W1				DVP2-W2
			DVP2-R							DP1-R	

3. Studienjahr											
7. Trimester			8. Trimester			9. Trimester					
Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
			DP1-W1				DP1-W2				DP1-W3
							DP2-R				DP2-W1
										DP3-R	

4. Studienjahr											
10. Trimester											
Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
			DP2-W2				DP2-W3				DP3-W3
			DP3-W1							DP3-W2	

Legende:

DVP1	Erster Abschnitt der Diplomvorprüfung
DVP2	Zweiter Abschnitt der Diplomvorprüfung
DP1	Erster fachspezifischer Abschnitt der Diplomprüfung
DP2	Zweiter fachspezifischer Abschnitt der Diplomprüfung
DP3	Dritter fachspezifischer Abschnitt der Diplomprüfung
R	Regelprüfungstermin
W1	
W2	> Weitere Prüfungstermine
W3	

E. Lehrinhalte und E1. Verantwortliche

E1. Grundstudium

Höhere Mathematik I und II Höhere Mathematik III und IV

**Prof. Gwinner
Prof. Marti**

Höhere Mathematik I: Lineare Algebra

Der geometrisch-physikalische Vektorbegriff, Vektoralgebra, Gerade, Ebene; Produkte (Skalarprodukt und Vektorprodukt) und Norm von Vektoren, Skalarprodukt und Norm im \mathbb{R}^n ;

Lineare Gleichungssysteme, homogene und inhomogene lineare Gleichungssysteme, Struktur des Lösungsraumes; Lösungsverfahren mittels elementarer Umformungen, Gaußsche Elimination, Pivotsuche, LR-Faktorisierung.

Der Matrixbegriff, spezielle Matrizen, Matrixoperationen: Transposition, Produkt, inverse Matrix, Rang von Matrizen, Rangberechnung mittels elementarer Umformungen, Rangkriterien für die Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen linearer Gleichungssysteme.

Determinanten, Entwicklung nach Zeilen oder Spalten (Kofaktoren), Berechnung von Determinanten mittels elementarer Umformungen, Adjunkte, Cramersche Regel.

Der abstrakte Vektorraum, lineare Unabhängigkeit, Unterraum, Basis, Dimension, Basis- und Dimensionsberechnung; Euklidische Vektorräume, Orthogonalität, Projektion auf Unterraum, Lösung inkonsistenter Gleichungssysteme; Orthonormalsysteme, Orthonormalisierungsverfahren, QR-Faktorisierung; hermitesche, unitäre Matrizen.

Eigenwerte, Eigenvektoren, charakteristisches Polynom, algebraische und geometrische Vielfachheit, Diagonalisierbarkeit.

Lineare Abbildungen, Matrixdarstellung linearer Abbildungen; Basis- und Koordinatentransformationen, Einfluß der Basistransformation auf die Matrixdarstellung linearer Abbildungen; Begriff des Tensors; quadratische Formen, Definitheitskriterien; Hauptachsentransformation; Normen von Matrizen, Operatornorm, Operatornormdarstellung symmetrischer Matrizen.

Brückenkurs Mathematik I (3 TWS, Wahlfach):

Grundlagen der Differential- und Integralrechnung für Funktionen einer Variablen

Aussagen, Aussagenverbindungen, logische Zeichen, Beweisprinzipien, logische Schlüsse, direktes und indirektes Beweisen, vollständige Induktion.

Kombinatorik: Permutationen, Variationen, Kombinationen (mit und ohne Wiederholungen).

Mengen und Mengenoperationen, Zahlenmengen, Aufbau der Zahlenbereiche: Natürliche, ganze, rationale, reelle Zahlen; Ungleichung und absoluter Betrag; Schranken und Zahlenmengen: Obere, untere Schranken, Infimum, Supremum.

Komplexe Zahlen: Imaginäre Zahlen, komplexe Zahlenebene, Addition, Multiplikation, Potenz, Wurzel komplexer Zahlen, Eulersche Formel.

Der Abbildungsbegriff: Surjektive, injektive Abbildungen, Umkehrabbildung.

Funktionen einer reellen Variablen: Begriff der Funktion und einfachste Eigenschaften, Umkehrfunktion.

Elementare Funktionen: Potenzfunktion, Polynome und rationale Funktionen, Exponentialfunktion und Logarithmusfunktion, trigonometrische Funktionen und Arcusfunktionen, Hyperbolische Funktionen und Areafunktionen.

Höhere Mathematik II:

Folgen und Reihen / Differentialrechnung für Funktionen mehrerer Variablen

Folgen und Reihen:

Konvergenz von Zahlenfolgen, Rechnen mit konvergenten Zahlenfolgen, Konvergenzkriterien, Häufungspunkte, \liminf und \limsup ;

Reihen, Partialsummen, Konvergenz (unendlicher) Reihen, elementare Eigenschaften, geometrische und harmonische Reihe, Konvergenzkriterien, Vergleichskriterien: Majoranten- und Minorantenkriterium, Quotienten- und Wurzelkriterium, Integralkriterium, alternierende Reihen, absolute Konvergenz, bedingte und unbedingte Konvergenz, Umordnung von Reihen, Multiplikation von Reihen, Cauchy-Produkt; Funktionenreihen, gleichmäßige Konvergenz, Stetigkeit der Summenfunktion, gliedweise Differentiation und Integration; Potenzreihen, Konvergenzverhalten von Potenzreihen, Konvergenzradius, Rechnen mit Potenzreihen, Identitätssatz für Potenzreihen; Taylorformel, Taylorentwicklung einiger elementarer Funktionen.

Metrische Räume, Umgebungen; offene, abgeschlossene Mengen; Konvergenz, Kompaktheit, Vollständigkeit; Stetigkeit von Abbildungen, Grenzwerte.

Differentialrechnung für Funktionen mehrerer Variablen:

Partielle Ableitungen, Tangentialebene, partielle Ableitungen höherer Ordnung, Satz von Schwarz, verallgemeinerte Kettenregel, Mittelwertsatz, Gradient, totales Differential (Differenzierbarkeit); implizite Funktionen, implizite Differentiation; Funktionalmatrix, Funktionaldeterminante; Richtungsableitung, Eigenschaften des Gradienten;

Satz von Taylor für Funktionen mehrerer Variablen, Taylorformel, Differentiale höherer Ordnung; Extremwertaufgaben für Funktionen mehrerer Variablen, notwendige und hinreichende Bedingungen für lokale Extremstellen (ohne Nebenbedingungen), notwendige und hinreichende Bedingungen für Extremwertaufgaben mit Nebenbedingungen, Lagrange-Multiplikatoren.

Brückenkurs Mathematik II (3 TWS, Wahlfach):

Differentialrechnung für Funktionen einer Variablen

Grenzwerte von Funktionen: " ε - δ -Charakterisierung" des Grenzwertes, einseitige Grenzwerte, Grenzwerte für $x \rightarrow x_0$ und für $x \rightarrow \pm\infty$, bestimmte und unbestimmte Divergenz, Grenzwertsätze; Stetigkeit von Funktionen: Stetigkeitsbegriff, einseitige Stetigkeit, Stetigkeit auf einem Intervall, Unstetigkeitsstellen und ihre Klassifikation, Eigenschaften stetiger Funktionen, Rechnen mit stetigen Funktionen, Stetigkeit elementarer Funktionen, Stetigkeit der Umkehrfunktion; Ableitung von Funktionen: Ableitungsbegriff, Definition und Bedeutung der Ableitung, einseitige Ableitung, Differenzierbarkeit auf einem Intervall, Differenzierbarkeit und Stetigkeit, Differentiationsregeln, Kettenregel, Ableitung der Umkehrfunktion, Ableitung einiger elementarer Funktionen, logarithmische Differentiation, Ableitung höherer Ordnung, Differentiale, Fehlerrechnung und Differentiale;

Eigenschaften differenzierbarer Funktionen: Satz von Rolle, Mittelwertsatz der Differentialrechnung, Taylorsche Formel;

Kurvendiskussion: Berechnung von Grenzwerten, Regeln von Bernoulli -de l'Hospital, lokale Extremwerte, notwendige und hinreichende Bedingungen für lokale Extremwerte, absolute Extremwerte, Wendepunkte, konvexe und konkave Funktionen, Newton-Verfahren.

Höhere Mathematik III und IV:

Integralrechnung für Funktionen mehrerer Variablen:

Parameterintegrale, Differentiation und Integration von Parameterintegralen, Doppelintegrale;

Integrale über ebene Bereiche, Bereichsintegrale als Doppelintegrale, Transformation ebener Bereichsintegrale, uneigentliche ebene Bereichsintegrale;

Räumliche Bereichsintegrale und Integrale über Bereiche im \mathbb{R}^n , Bereichsintegrale als Mehrfachintegrale, Transformation von Bereichsintegralen, uneigentliche Bereichsintegrale; Kurvenintegrale 1. und 2. Art (skalärer und Vektorfelder), Wegabhängigkeit und Wegunabhängigkeit von Kurvenintegralen 2. Art, Potentialfelder, Kriterien für die Wegunabhängigkeit eines Kurvenintegrals 2. Art;

Oberflächenintegrale, Flächen im \mathbb{R}^3 , Flächendarstellungen, Flächenelemente, Oberflächenintegrale 1. und 2. Art, gerichtete Flächenelemente, Orientierung von Flächen; Integralsätze: Integralsatz von Gauß, Integralsatz von Stokes.

Gewöhnliche Differentialgleichungen (DGLn):

Grundbegriffe, Typen von DGLn, Differentialgleichungen und Kurvenschar, Anwendungsbeispiele;

DGLn 1. Ordnung: Richtungsfeld einer DGL, Existenz- und Eindeutigkeitsätze, Eulersches Polygonzugverfahren;

Elementare Lösungsmethoden für DGLn 1. Ordnung: Separierbare DGLn, homogene DGLn, Jacobische DGLn, lineare DGLn (homogene und inhomogene DGL), Riccati-DGL, Exakte DGLn, Integrierender Faktor, Trajektorien, implizite DGLn, singuläre Linienelemente und singuläre Lösungen, Enveloppen, Clairautsche DGL;

Methode der sukzessiven Approximation (Verfahren von Picard-Lindelöf), Lipschitz-Bedingung, Existenz- und Eindeutigkeitsätze;

Systeme von DGLn 1. Ordnung: Physikalisch-technische Anwendungsbeispiele, Umwandlung von DGLn n-ter Ordnung in Systeme von DGLn 1. Ordnung, Existenz- und Eindeutigkeitsätze;

Systeme von linearen DGLn 1. Ordnung: Homogene und inhomogene Systeme linearer DGLn mit diagonalisierbarer Systemmatrix, Matrix-Exponentialfunktion, Variation der Konstanten, Anwendung auf lineare DGLn n-ter Ordnung;

DGLn n-ter Ordnung: Existenz- und Eindeutigkeitsätze, n-parametrische Kurvenscharen;

Lineare DGLn n-ter Ordnung: Homogene und inhomogene DGLn, Fundamentalsystem, Wronskische Determinante, Bestimmung einer partikulären Lösung, Methode der Variation der Konstanten; lineare DGLn n-ter Ordnung mit konstanten Koeffizienten: Exponentialansatz, charakteristisches Polynom, Reduktionsansatz, Stabilitätskriterien, Schwingungsprobleme;

Systeme linearer DGLn 1. Ordnung mit nicht diagonalisierbarer Systemmatrix: Charakteristisches Polynom, Hauptvektorkettenmethode.

Einführung in die Partiellen Differentialgleichungen:

Typeneinteilung, Potenzreihenentwicklung.

Funktionentheorie:

Funktionen einer komplexen Variablen: Funktionsbegriff, Stetigkeit, Funktionenreihen und Potenzreihen, elementare Funktionen; komplexe Differenzierbarkeit, Cauchy-Riemannsche DGLn, analytische Funktionen, konforme Abbildungen;

Integration im Komplexen: Komplexe Kurvenintegrale, Cauchyscher Integralsatz und Integralformel, unbestimmte Integrale;

Reihen analytischer Funktionen;

Residuen: Elemente und Anwendungen der Residuentheorie.

Fourier-Reihen und Integraltransformationen:

Laplace-, Fourier-Transformation.

Einführung in die Variationsrechnung.

Brückenkurs Mathematik III (3 TWS, Wahlfach):

Integralrechnung für Funktionen einer Variablen

Das unbestimmte Integral: Stammfunktion und unbestimmte Integrale, unbestimmte Integrale elementarer Funktionen, Integrationsregeln für unbestimmte Integrale, Substitutionsmethode, partielle Integration, Partialbruchzerlegung und Integration rationaler Funktionen;

Das bestimmte Integral: Definition und Eigenschaften bestimmter Integrale, Riemannsches Summen, integrierbare Funktion, Berechnung bestimmter Integrale, bestimmte Integrale mit variabler oberer bzw. unterer Grenze, Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung, Substitutionsmethode und partielle Integration bei bestimmten Integralen;

Uneigentliche Integrale: Uneigentliche Integrale mit unendlichen Grenzen, uneigentliche Integrale mit unbeschränkten Funktionen;

Integration spezieller Funktionenklassen.

Experimentalphysik I und II

Struktur der Materie

Prof. Triftshäuser

Experimentalphysik I:

Elementarteilchen der Physik und ihre Wechselwirkungen: Starke Wechselwirkung, schwache Wechselwirkung, elektromagnetische Wechselwirkung, Gravitationswechselwirkung.

Erhaltungssätze in der Physik: Energieerhaltung, Impulserhaltung, Drehimpulserhaltung, Erhaltung der Ladung.

Grundzüge der klassischen und relativistischen Mechanik und Dynamik.

Schwingungen: harmonischer Oszillator, erzwungene Schwingungen, Resonanz.

Kräfte und Potentiale im Gravitationsfeld, Planeten- und Satellitenbahnen.

Elektrostatik und Elektrodynamik: Kräfte und Potentiale in elektrischen und magnetischen Feldern. Materie im elektrischen und magnetischen Feld.

Elektromagnetische Wellen: Erzeugung, Ausbreitung und Wechselwirkung mit Materie, sichtbares Spektrum.

Optik: Dispersion, Absorption, Reflexion, Kohärenz, Beugung, Interferenz.

Elektrische Leitung, Supraleitung.

Experimentalphysik II:

Physikalisches Praktikum: Durchführung von Experimenten aus Gebieten der Mechanik, Akustik, Optik, Festkörperphysik, Atomphysik sowie des Magnetismus und elektromagnetischer Wellen.

Struktur der Materie:

Grundzüge der Quantenmechanik: Unschärferelation, Wellenfunktion, Aufenthaltswahrscheinlichkeiten, Tunneleffekt.

Quantenmechanische Behandlung des harmonischen Oszillators und des Wasserstoffatoms.

Atomaufbau, Spektralserien und Aufbau des Periodensystems der Elemente.

Aufbau von Festkörpern, Kristallstruktur, Bindungsarten und elektronische Struktur von Festkörpern, (Metalle, Halbleiter, Isolatoren).

Röntgenspektren und Röntgenbeugung.

Wechselwirkung von Teilchen und Strahlung mit Materie.

Technische Mechanik I und II

Höhere Technische Mechanik I und II

Prof. Emmerling
Prof. Zimmermann

Technische Mechanik I und II:

Tensoralgebra.

Statik starrer Körper: Kräfte und Spannungen, Kräfte- und Momentenreduktion, ebene Statik, Massenmittelpunkt und Schwerpunkt, Schnittlasten des Balkens.

Elastostatik: lin. Materialgesetz, elementare Theorie der Balkenbiegung, Flächenmomente, elastische Linie des Balkens, schiefe Biegung, Knicken, Torsion von Stäben.

Statik der Seile und Ketten.

Kinematik: Bewegung des Punktes, Bewegung eines starren Körpers, Relativbewegung.

Kinetik des starren Körpers: Newtonsches Grundgesetz, Schwerpunkt- und Drallsatz, Massenträgheitsmomente, Kinetik der reinen Translation, Bewegungswiderstände, Kinetik der Translation und der Rotation, räumliche Drehbewegung.

Stoß.

Schwingungen diskreter Systeme: Longitudinal- und Torsionsschwingungen von Federn und Stäben mit Einzelmassen, Transversalschwingungen von Stäben mit Einzelmassen, zusammengesetzte Federn, Dämpfung eines Feder-Masse-Schwingers durch Bewegungswiderstände, freie Schwingungen bei geschwindigkeitsproportionaler Dämpfung, erzwungene Schwingungen, Resonanz, Schwingungen mit mehreren Freiheitsgraden.

Höhere Technische Mechanik I:

Kontinuumstheorie, Grundlagen:

- lokale Bewegungsgleichungen,
Spannungstensor, Oberflächenbedingung,
Hauptnormalspannungen, Hauptschubspannungen.

Kontinuumstheorie elastischer Körper:

- Verzerrungszustand,
- Materialgleichungen, anisotrop, orthotrop, isotrop,
- Verschiebungsdifferentialgleichungen von Lamé und Navier,
- der rotationssymmetrische Spannungszustand,
- Formänderungsenergie und Ergänzungsenergie,
- ebener Spannungs- und Verzerrungszustand,

- Schwingungen von Scheiben,
- Spannungsoptik,
- Elastokinetik,
 - Grundgleichungen und Lösungsansätze,
 - Schwingungen elastischer Körper,
 - Wellenausbreitung.

St. Venantsche Torsionstheorie prismatischer Stäbe:

- Verwölbungsfunktion, Spannungsfunktion.

Kontinuumstheorie plastischer Körper:

- Spannungsdeviator, Kugeltensor,
- Oktaederschubspannung,
- Fließhypothesen: Tresca, von Mises.

Kirchhoffsche Plattentheorie:

- Statik und Kinetik von Rechteck- und Kreisplatten.

Kontinuumstheorie der Fluide:

- materielle Zeitableitung,
- Bewegungszustand,
- ideale Fluide, Eulersche Bewegungsgleichungen,
- reale Fluide, Navier-Stokessche Bewegungsgleichungen.

Einführung in die Viskoelastizitätstheorie.

Höhere Technische Mechanik II:

Differential- und Integralprinzipien der Mechanik:

- Das Prinzip von d'Alembert in der Lagrangeschen Fassung,
- das Prinzip der virtuellen Verrückungen,
 - Stabilität von Gleichgewichtslagen,
 - das Hamiltonsche Prinzip,
 - die Lagrangeschen Bewegungsgleichungen 2.Art.

Membrantheorie von Rotationsschalen.

Numerische Methoden der Mechanik:

- der Energiequotient (Rayleigh-Ritz),
- Gleichungen von Galerkin,
- Methode der finiten Elemente,
- einfache Verfahren der Übertragungsmatrizen,
- Differenzenverfahren.

Werkstoffkunde I und II

Prof. Gudladt

Werkstoffkunde I:

Grundlagen der allgemeinen Metallkunde:

Die Struktur der Metalle, Raumgitter, Kristallsysteme

Methoden zur Strukturuntersuchung

Realkristalle, Kristallbaufehler, z.B. Versetzungen

Verformungsverhalten von Metallen

Zustandsdiagramme, Ein-, Zwei- und Dreistoffsysteme

Ausgewählte Beispiele zu Zweistoffsystemen

Atomtransport in Festkörpern (Diffusion)

Vorbesprechung der Praktiumsversuche.

Werkstoffkunde II:

Allgemeine Werkstoffentwicklung:

Moderne Herstellungsverfahren

Eigenschaften und Anwendungen von Stählen, Leichtmetallen, Kunststoffen sowie Verbundwerkstoffen

Hochtemperaturwerkstoffe (metallische und keramische Werkstoffe)

Übungsaufgaben aus dem Stoff der Vorlesungen "Werkstoffkunde I und II" (zur selbständigen Bearbeitung).

Durchführung und Auswertung von Versuchen aus dem Bereich der Werkstoffkunde unter Anleitung.

Einführung in die Chemie

Prof. Zeman

Einführung in die Chemie:

Atombau und Chemische Bindung:

Ionenbindung, Atombindung, zwischenmolekulare Kräfte, Metallbindung.

Chemische Reaktionen:

Ablauf chemischer Reaktionen (Modellvorstellungen), Reaktionsgeschwindigkeit, Reaktionsordnung, chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtsänderungen, Bildungs- und Reaktionsenthalpie, freie Enthalpie.

Grundlagen der Elektrochemie:

Elektrolytische Dissoziation, Leitfähigkeit, Elektrolyse, Redoxvorgänge und elektrochemische Spannungsreihe, elektrochemische Stromerzeugung: Konzentrationsabhängigkeit der Zellpotentiale, kommerzielle galvanische Elemente und Sammler, Brennstoffzellen; elektrochemische Korrosion: Lokalelement, Sauerstoff- und Wasserstoffkorrosion, kathodischer Schutz.

Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie:

Kohlenwasserstoffe; Polymerisation und Polykondensation, Cracken, Platforming, Verbrennung von Kraftstoffen, Klopfen im Ottomotor.

Allgemeine Elektrotechnik Elektronik

Prof. Ließ

Allgemeine Elektrotechnik:

Statisches elektrisches Feld: Ladung, elektrische Feldstärke, Spannung, dielektrische Verschiebung, Kapazität.

Feld der Strömung von Ladungen: Stromstärke, Stromdichte, Leitfähigkeit und spezifischer Widerstand.

Gleichstrom: Stromkreis, Kirchhoff'sche Regeln, Netzwerkberechnungen, Messen von Strom und Spannung.

Statisches magnetisches Feld: Induktionsgesetz, Dipolmoment, magnetische Feldstärke, Kraftwirkung, magnetischer Kreis.

Veränderliches magnetisches Feld: Induktionsgesetz, Selbst- und Gegeninduktion, Induktivität.

Wechselstrom: reelle und komplexe Darstellung, Wechselstromkreise.

Allgemein zeitabhängiger Strom: Ausgleichsvorgänge, eingeschwungener Zustand.

Energietechnik: Stromerzeugung, Speicherung, Übertragung, Transformator, Drehstrom.

Elektrische Maschinen: Gleichstrom-, Wechselstromsynchron-, Wechselstromasynchronmaschine.

Elektronik:

Analoge Schaltungen mit passiven Bauelementen: Hochpaß, Tiefpaß, Bandpaß, Bandsperre, bzw. mit aktiven Bauelementen: Diode, Zenerdiode, Transistor, integrierte Schaltungen, Operationsverstärker: allgemeine Eigenschaften und Anwendungen, Umkehrverstärker, Elektrometerverstärker, Addier- und Subtrahierschaltungen, Konstantstrom und -spannungsquellen, Integratoren, Differentiatoren, PI-Regler, Meßschaltungen.

Digitale Schaltungen: Komparatoren, logische Verknüpfungen, Rechner.

Rechneranwendungen I

Numerische Mathematik I und II

Prof. Schwenzfeger

Rechneranwendungen I:

Diese Lehrveranstaltung umfaßt

- einen einstündigen Programmierkurs über FORTRAN
- ein zweistündiges Programmierpraktikum.

Numerische Mathematik I:

Einführung in die Funktionalanalysis;

Fehlertheorie: Fehlerarten, Fehlerfortpflanzung, Phänomen der Auslöschung; Begriff der Kondition, basierend auf dem Normbegriff;

Prozeßgraphen; optimaler Algorithmus.

Nullstellenbestimmung durch Iterationsverfahren: Theorie zu Iterationsverfahren; allgemeine Konvergenzsätze, insbesondere sukzessive Approximation, Newton-Iteration, Sekantenverfahren, Verfahren höherer Ordnung.

Lineare Gleichungssysteme: Eliminationsverfahren, Gauß-Algorithmus, partielle und totale Pivotsuche; iterative Methoden; Gauß-Seidel-Verfahren; Ausgleichsrechnung, Householder-Orthogonalisierung; Eigenwertproblem bei Matrizen, Potenziteration, inverse Iteration;

Interpolation: Interpolationsformel nach Lagrange, Aitken-Neville, dividierte Differenzen, trigonometrische Interpolation, Spline-Interpolation;

Die numerischen Verfahren werden anhand ihres Fehlerverhaltens und ihres Aufwandes miteinander verglichen.

Numerische Mathematik II:

Numerische Differentiationen und Integration: Trapezformel, Simpson-, Gauß-, Romberg-Verfahren (Extrapolation); Gewöhnliche Differentialgleichungssysteme (Anfangswertprobleme); Einschrittverfahren, Runge-Kutta-Verfahren mit Schrittweitenkontrolle und Abbruch- und Rundungsfehler-Betrachtungen, Mehrschrittverfahren. Die numerischen Verfahren werden anhand ihres Fehlerverhaltens und ihres Aufwandes miteinander verglichen. Numerische Methoden zur Behandlung von Randwertproblemen: Existenz- und Eindeutigkeitssätze, einfaches Schießen, Mehrzielmethode, Quasilinearisierung, numerische Instabilitäten und deren Behebung, Differenzenverfahren, Variationsmethoden.

Maschinenelemente I und II

Prof. Claussen

Maschinenelemente I und II:

Grundlagen: Funktion, physikalische Effekte, Wirkflächen; Fertigung; Material-, Lohn- und Herstellungskosten; Beanspruchung und Gestaltung von Maschinenelementen. Berechnung und Darstellung mit Rechnerhilfe (CAD). Übertragung von Kräften und Momenten durch Maschinenteile. Stoff-, form- und kraftschlüssige und kombiniert wirkende Verbindungselemente. Wälzlager und Gleitlager. Zugmittel- und Druckmittelgetriebe, Reibgetriebe, Zahnradgetriebe, Schaltkupplungen und Bremsen

Maschinenzeichnen

Lehrbeauftragter der Fakultät LRT (Verantwortlich: Dekan und Fachbereichsrat)

Maschinenzeichnen:

Einführung in das Technische Zeichnen, die Normung und die wichtigsten Fertigungsverfahren; Anfertigung von technischen Zeichnungen (Teilzeichnungen, Gesamtzeichnungen und Stücklisten); Aufnehmen und Skizzieren vorgegebener Werkstücke sowie Anfertigung von fertigungsgerechten Teilzeichnungen; Einsatz von EDV-Anlagen in Konstruktion und Fertigung (CAD, CAM und CIM). Darstellende Geometrie: Arten der Darstellung; Kurven, Flächen, Abwicklungen, Durchdringungen. Darstellende Geometrie als Grundlage von CAD.

Thermodynamik I und II

Prof. N.N.

Prof. N.N.

Thermodynamik I und II:

Grundlagen geschlossener Systeme: Systembegriff, Zustandsgrößen, Energieprinzip, Entropie, Gibbssche Hauptgleichung, Austauschprozesse, thermodynamisches Gleichgewicht; der 2. Hauptsatz, ideale Gase, Temperatur, Wärme, Arbeit, Prozeßgrößen, Energieformen, der 1. Hauptsatz. Grundlagen der statistischen Thermodynamik für unabhängige Teilchen: Energieniveau, Quantenzustände, thermodynamische Wahrscheinlichkeit, korrigierte Boltzmann-Statistik, Zustandssumme, Zusammenhang zwischen statischer und phänomenologischer Thermodynamik.

Grundlagen offener Systeme: Kontrollräume, der 1. Hauptsatz für offene Systeme, Ein- und Ausströmvorgänge, stationäre Fließprozesse, Enthalpie und technische Arbeit, Gibbs-Euler-Funktion, Strömungsprozesse, Arbeitsprozesse, Kreisprozesse, thermodynamische Wirkungsgrade, Carnot-Faktor, Wärmekraftmaschine, Wärmepumpe, Kältemaschine, Theorie der Energieumwandlung: Umgebung, Exergie, Anergie.

Thermische und kalorische Eigenschaften realer Fluide, Zustandsdiagramme, Phasen und Phasengleichgewichte in Einkomponentensystemen, Konstitutive Gleichungen: Kanonische Funktionen, Legendre-Transformation, die thermischen Zustandsgleichungen, zwischenmolekulare Kräfte. Virialkoeffizienten, Korrespondenzprinzip.

E2. Hauptstudium

Meßtechnik I und II

Prof. Graefe

Meßtechnik I:

Überblick über die Methoden der Meßtechnik; Begriffe der Meßtechnik, Einheiten, Einheitensysteme, systematische Fehler, zufällige Fehler und ihre statistische Behandlung, Begriff des Messens angesichts der Unvermeidbarkeit von Meßfehlern.

Grenzen der Meßbarkeit: Thermodynamische Grenzen der Meßbarkeit leistungsschwacher Größen, das Rauschen technischer Meßgeräte, Frequenzabhängigkeit des Rauschens.

Elektrische Meßtechnik: Statische und dynamische Eigenschaften der Drehspulinstrumente, Brückenschaltungen, Verstärker, Signalumformer, Logikschaltungen, Analog/Digital-Wandler.

Übung (mit Praktikum): Vertiefung des Stoffes der Vorlesung z.T. durch eigene Experimente: praktischer Umgang mit Meßgeräten; Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen unter Berücksichtigung der auftretenden Meßfehler.

Meßtechnik II:

Meßwerterfassungssysteme: Elektromagnetische Beeinflussung, Kriterien für die Anwendung der analogen und digitalen Signaldarstellung, Probleme weitverzweigter automatischer Meßwerterfassungssysteme.

Messung nichtelektrischer Größen: Physikalische Grundlagen und Wirkungsweise von Sensoren für ausgewählte Meßgrößen aus Mechanik und Thermodynamik; Meßfehler infolge von Einflußgrößen und nichtidealen Materialeigenschaften.

Praktikum: Vertiefung des Stoffes der Vorlesung durch eigene Experimente: praktischer Umgang mit Meßgeräten; Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen unter Berücksichtigung der auftretenden Meßfehler.

In einer begleitenden Übung wird die Anwendung des Stoffes der Vorlesung und des Praktikums verdeutlicht (Demonstrationsversuche und deren Auswertung, Durchrechnung von Übungsbeispielen).

Numerische Mathematik III

Rechneranwendungen II

Prof. Schwenzfeger

Numerische Mathematik III:

Lineare partielle Differentialgleichungen 2. Ordnung: Variationsmethoden, Finite Elemente: Differenzenverfahren für parabolische elliptische Differentialgleichungen (Gitternetzentwurf, differentielle Randbedingungen, Relaxationsverfahren bei schwach besetzten linearen Gleichungssystemen, Konsistenz, Konvergenz, Stabilität); Hyperbolische Differentialgleichungen: Charakteristiken-Verfahren, Behandlung von Unstetigkeiten.

Rechneranwendungen II:

Praktikum:

Numerisches Lösen partieller Differentialgleichungen:

Einführung in Verwendung und Erstellung von Programmbibliotheken; Praktisches Lösungserarbeiten am Rechner.

Werkstoffe I und II

Prof. Gudladt

Werkstoffe I:

Grundlagen des Festigkeitsverhaltens gekerbter und rißbehafteter Bauteile bei I-near- und nichtlinearelastischer mechanischer Beanspruchung.

Linearelastische Bruchmechanik, COD-Konzept, Bruchanalysediagramm, R-Kurven- und J-Integral-Konzept.

Materialermüdung bei schwingender Beanspruchung, Rißbildung in metallischen Werkstoffen, Ausbreitungsverhalten kurzer und langer Risse.

Werkstoffe II.4 bis II.6:

Aufbau und mechanische Eigenschaften von Kunststoffen und Faser-Verbundwerkstoffen.

Korrosion und Korrosionsschutz:

Angriff durch Gase und Flüssigkeiten, Erscheinungsformen der Korrosion, Spannungs- und Schwingungsrißkorrosion, Korrosionsverhalten von Kunststoffen.

Materialverhalten bei höheren Temperaturen, z.B. Kriechen und Kriechschädigung.

Materialauswahl für die Konstruktion.

Werkstoffe II.7:

Aufbau und mechanische Eigenschaften von Kunststoffen und Faser-Verbundwerkstoffen.

Korrosion und Korrosionsschutz:

Angriff durch Gase und Flüssigkeiten, Erscheinungsformen der Korrosion, Spannungs- und Schwingungsrißkorrosion, Korrosionsverhalten von Kunststoffen.

Materialverhalten bei höheren Temperaturen, z.B. Kriechen und Kriechschädigung.

Materialauswahl für die Konstruktion.

Schädigung metallischer Werkstoffe unter zeitlich veränderlicher Beanspruchung, Wöhlerversuch, Coffin-Manson-Versuch, Betriebsfestigkeitsversuch.

Übertragung von Versuchsergebnissen auf Bauteile aus metallischen und nicht-metallischen Werkstoffen

Wärme- und Stoffübertragung

Nichtgleichgewichtsthermodynamik

Prozeßthermodynamik

Chemische Thermodynamik

Kälte- und Klimatechnik

Apparatives Praktikum I und II (Thermodynamik)

Rechneranwendung III.1

Prof. N.N.

Prof. N.N.

Wärme- und Stoffübertragung:

Grundprobleme des Transfers von Wärme und Masse: Transfer durch Kontakt bei stationären und instationären Prozessen. Kontaktflächen und das Konzept des Wärme- und Stoffübertragungskoeffizienten. Transfer durch Strahlung: Strahlungsspektrum, Temperaturstrahlung, schwarzer Strahler, Grundgesetze der Strahlung, Wärmeübertragung durch Strahlung, Grundaufgabe des Wärme- und Stoffdurchganges: Mittlere logarithmische Temperatur- und Konzentrationsdifferenz; Hauptauslegungsdaten für Apparaturen des Wärme- und Stofftransfers. Übersicht über die Phänomenologie der molekularen Wärmeleitung in

einfachen, festen und fluiden Stoffen: Fourier-Ansatz, Wärmeleitkoeffizient, Wärmeleitgleichung, einfachste Lösung (ebene Wand, Rohr, Stab).

Grundbegriffe der konvektiven Wärmeübertragung: Strömungsformen und -zustände, Grenzschichtkonzept, Reynolds-, Prandtl- und Nusselt-Zahl; Abschätzung der Übergangskoeffizienten für einphasige Plattenströmungen bei α -erzwungener und freier Konvektion, Grashofzahl.

Mehrphasenphänomene: Tropfen- und Filmkondensation, Nusseltsche Wasserhauttheorie; Phänomenologie des Konvektions-, Blasen- und Filmsiedens, theoretische Abschätzungen für Wärmeübergangszahlen, insbesondere beim Blasensieden, Vergleich mit Messungen, Druckkorrekturen; Arbeitspunkt eines Verdampfers: Siedekennlinie und Widerstandsgerade. Reihenschaltungen mehrerer Übergangswiderstände. Übersicht über die Phänomenologie der molekularen Diffusion binärer Fluide; Diffusion bei permeablen und semipermeablen Membranen; Fick-Ansatz, Diffusionskoeffizienten.

Dreifach Analogie: Impuls- und Wärmestromgleichung stationärer Grenzschichten, Folgerungen aus den Integrallösungen für die Strömungs- und Temperaturgrenzschichten der längs angeströmten ebenen Platte, lokale und pauschale Nusseltzahl; Analogie zwischen Wärme- und Stofftransfer, Schmidt- und Sherwood-Zahl, Lewis-Gesetz.

Grundlagen der Ähnlichkeitstheorie: Dimensionsanalyse, Buckingham-Theorem, Ähnlichkeit und Modelle. Empirische Wärmeübertragungsgleichungen für ausgewählte Beispiele.

Nichtgleichgewichtsthermodynamik:

In dieser Lehrveranstaltung wird eine Auswahl folgender Lehreinheiten angeboten:

- (1) Kinetische Gastheorie und Transportkoeffizienten.
- (2) Thermodynamik irreversibler Prozesse.
- (3) Gibbs-Falksche Thermodynamik.
- (4) Selbstorganisation.

Zu (1): Als Grundlage wird die Maxwell-Boltzmannsche Stoßgleichung eingeführt und begründet. Sie kann als physikalisches Modell zur exemplarischen mathematischen Beschreibung von Nichtgleichgewichtsprozessen in Gasen betrachtet werden. Mit ihrer Hilfe lassen sich alle Bilanzgleichungen einer Kontinuumstheorie herleiten. Außerdem kann diese Integrodifferentialgleichung zur Berechnung der Transportkoeffizienten elementarer Gase herangezogen werden; die rechnerisch aufwendigen Ergebnisse dienen dazu, die für das Verständnis von Transportprozessen besonders nützlichen Ansätze der elementaren kinetischen Gastheorie quantitativ abzusichern.

Zu (2): Diese Theorie irreversibler Prozesse basiert auf linearen Ansätzen zwischen thermodynamischen Flüssen und Kräften, wobei die dabei auftretenden Onsager-Casimirischen Reziprozitätsbedingungen gewissen Symmetrierelationen

genügen. Die konjugierten Flüsse und Kräfte werden durch die Berechnung der resultierenden Entropieerzeugung bestimmt; die beteiligten Transportkoeffizienten stehen mit den phänomenologischen L_{jk} in eindeutiger Verbindung.

Zu (3): Diese nichtlineare phänomenologische Theorie gestattet es, systematisch physikalische Systeme im Nichtgleichgewicht zu beschreiben. Es zeigt sich, daß die Dynamik realer Medien selbst bei verschwindend kleinen Strömungsgeschwindigkeiten durch die Entropie des Systems beeinflusst wird. Diese der klassischen Thermodynamik widersprechende Schlußfolgerung entspringt dem Verzicht auf das aus der klassischen Mechanik motivierte primitive Materiemodell, das die erfahrbare Welt als eine Ansammlung von (mathematischen) Massensepunkten erklärt. Die Theorie läßt sich besonders illustrativ am Beispiel der adiabaten Stoßprozesse von vielen Elementarteilchen erläutern.

Zu (4): Selbstorganisation bezieht sich auf Objekte moderner Forschung in Physik und Chemie sowie in gewissen Zweigen der Materialforschung. Als Einführung sind die Grundlagen der Theorie dynamischer Systeme besonders geeignet. Darunter sind solche aktuell, die unter der Bezeichnung 'deterministisches Chaos' bekannt geworden sind. Wichtiger sind Zusammenhänge zwischen dem 2. Hauptsatz und zeitlich-räumlichen Strukturbildungen, wie sie unter dem Stichwort 'dissipative Strukturen' diskutiert werden. Der Bénard-Effekt oder die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion sind bemerkenswerte Beispiele; Turbulenzphänomene bilden nach wie vor die für die Ingenieurwissenschaften praktisch wichtigste Klasse der mit Selbstorganisation zusammenhängenden Probleme.

Prozeßthermodynamik:

Grundprobleme der Thermodynamik offener kontinuierlicher Systeme: Körper und Feld, Energiearten, Gibbssche Hauptgleichung, Wärme und Arbeit.

Aufstellung der kontinuumsdynamischen Bilanzgleichungen: Transporttheoreme, Kontinuitätsgleichungen, Impuls- und Energieerhaltungsgleichungen. Konstitutive Gleichungen für die Strom- und Produktionsdichten von einphasigen Mehrkomponentengemischen.

Transportphänomene: elementare kinetische Theorie. Stoßprozesse, mittlere freie Weglänge, Relaxationszeiten, Transportkoeffizienten (Wärmeleitung, Viskosität, Diffusion) und Reaktionsgeschwindigkeiten; Einfluß von Druck Temperatur, Frequenz, Aggregatzustand; Austauschvorgänge in turbulenten Strömungen, bei chemischen Reaktionen und Strahlung am Beispiel der Wärmestromdichte.

Diffusion und Wärmeleitung in ruhenden Systemen: 2. Ficksches Gesetz, Wärmeleitungsgleichungen; zeitliche und räumliche Grenzbedingungen; Übersicht

über analytische und numerische Lösungsverfahren, Diskussion der Lösungen anhand ausgewählter Beispiele.

Einfache und gekoppelte Transferprozesse in Strömungen: Typische Problemstellungen anhand ausgewählter Beispiele: charakteristische Lösungen, das Kennzahlenfeld; die Grenzschichtgleichungen, Hinweis auf Lösungsverfahren.

Chemische Thermodynamik:

Grundlagen für homogene geschlossene Systeme. Reaktionsgleichung, Reaktionslaufzahl, kalorische Koeffizienten, Affinität, chemisches Gleichgewicht.

Anwendung auf ideale Systeme: Berechnung chemischer Potentiale, Standardbildungsfunktion, Massenwirkungsgesetz, Mengenermittlung bei vollständiger Verbrennung, Heizwerte von Brennstoffen, Verbrennungsprobleme in Brennkammern.

Kälte- und Klimatechnik:

Übersicht über thermodynamische Grundlagen, technische Anwendung, charakteristische Kreisprozesse, Kältemittel, Kältemischungen, Verdunstung, Kompressions- und Absorptions-Kälteanlagen, Kaltgasmaschinen, Gasverflüssigung, Joule-Thompson-Effekt.

Tieftemperaturtechnik: z.B. Kryotechnische Voraussetzungen der Vakuum- und Simulationstechnik.

Sonderverfahren zur Kälteerzeugung: Thermoelektrische Kälteerzeugung (Peltier- und Seebeck-Effekt), adiabatische Entmagnetisierung, Wirkungsweise und Einsatzmöglichkeiten von "heat-pipes".

Vorbereitung für Wahlvorlesungen über Komponenten der Kälte- und Klimatechnik

Apparatives Praktikum I und II (Thermodynamik):

Wärmetechnisches Praktikum:

pVT-Anlage:

Bestimmung der Dampfdruckkurve und Teile der Zustandsfläche im Gasgebiet eines organischen Stoffes.

Nusselt-Anlage:

Bestimmung des Wärmeübergangs von einem beheizten/gekühlten Zylinder mit und ohne Rotation.

Strahlung:

Bestimmung der Emissions- und Absorptionszahlen von Oberflächen im Temperaturbereich bis 1700K.

Exergie:

Energetische und exergetische Bewertung von Kreisprozessen anhand einer Wärmepumpe mit Sicherheitskältemitteln als Kreislaufmedium.

Laminarbrenner:

Bestimmung eines Temperaturprofils in einer H₂-Flamme mittels optischer Meßmethoden.

Gravitationswärmerohr:

Ermittlung der Leistungscharakteristik eines kombinierten Verdampfungs-Kondensationsprozesses der Wärmeübertragung.

Wärmeleitung:

Experimentelle Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Flüssigkeiten und Gasen.

Rechneranwendungen III.1:

Bearbeitung praxisnaher Probleme der Thermodynamik unter Einsatz elektronischer Rechanlagen und typischer Algorithmen, Vorbereitung auf die Diplomarbeit.

Strömungsmechanik I und II

Aerodynamik I und II

Strömungsphysik

Turbulente Strömungen I und II

Höhere Strömungsmechanik

Apparatives Praktikum I und II (Fluidodynamik)

Rechneranwendung III.2

Prof. Römer

Strömungsmechanik I:

Physikalische Eigenschaften und Stoffwerte der Fluide; Ähnlichkeitsgesetze der Strömungsmechanik; Grundgleichungen der Strömungsmechanik in integraler und differentieller Form: Erhaltung der Masse, Impulssatz (Eulersche Gleichungen, Navier-Stokes-Gleichungen), Drehimpulssatz, Erhaltung der Energie, Randbedingungen. Stromfaden- und Stromröhrentheorie dichtebeständiger (inkompressibler) Fluide: Geschwindigkeit, Bahnlinie, Stromlinie; Anwendung bei stationärer und instationärer Strömung.

Drehungsfreie Strömungen (Potentialströmungen), Grundgleichungen, ebene und räumliche Potentialströmungen.

Strömungsmechanik II:

Drehungsbehaftete Strömungen: Geschwindigkeitsfeld, Anwendungen aus der Tragflügeltheorie;

Inkompressible Strömung in Rohrleitungen (Rohrhydraulik): Strömungsverluste in Rohrleitungselementen, Einbau von Turbine und Pumpe.

Stromfaden- und Stromröhrentheorie kompressibler Fluide, Ausgangsgleichungen, bei konstanter Entropie stetig verlaufende Strömung, mit senkrechtem Verdichtungsstoß unstetig verlaufende Überschallströmung.

Grenzschichtströmungen: Grundlagen der Grenzschichttheorie, Folgerungen aus der Grenzschichttheorie, Grenzschichten an der längsangeströmten ebenen Platte, laminare und turbulente Grenzschichten, Strömungsablösungen.

Aerodynamik I:

Darstellung physikalisch/mathematischer Modelle zur Ermittlung der Aerodynamik von Flugzeugen.

Tragflügel unendlicher Spannweite bei inkompressibler Strömung: Grundlagen der Theorie des Auftriebs; Skelett-Theorie, Tropfen-Theorie; Geschwindigkeitsverteilung, Druckverteilung, Auftrieb und Nickmoment.

Tragflügel endlicher Spannweite bei inkompressibler Strömung: Grundzüge der Prandtl'schen Tragflügeltheorie; Methoden der Quell-, Senken- und Wirbelbelegung; einfache und erweiterte Traglinientheorie, lineare und nichtlineare Tragflächentheorie; Ermittlung von Geschwindigkeits- und Druckverteilung sowie Auftrieb, Nickmoment und induziertem Widerstand; Stabilitätsbeiwerte der Längs- und Seitenbewegung.

Tragflügel bei kompressibler Strömung: Potentialgleichung, Linearisierung der Potentialgleichung; Ähnlichkeitsregeln bei Unterschall- und Überschall-Anströmung; Unter- und Überschallkanten; Geschwindigkeits- und Druckverteilung, Kräfte und Momente von Rechteckflügel, Deltaflügel und Flügeln mit beliebigem Grundriß bei Überschall-Anströmung.

Kritischer Vergleich von Theorie und Versuchsergebnissen unter Berücksichtigung von Reibungseinflüssen.

Aerodynamik II:

Vertiefung von Teilgebieten der Vorlesung Aerodynamik I, insbesondere der Tragflächentheorie.

Panel-Verfahren mit Demonstration am Rechner; Tragflügel im transsonischen Geschwindigkeitsbereich; Theorie schlanker Flugkörper.

Rumpf ohne und mit Anstellwinkel bei Unter- und Überschallgeschwindigkeit; Geschwindigkeits- und Druckverteilung; Auftrieb, Widerstand und Nickmoment.

Flügel-Rumpf-Anordnung bei symmetrischer und unsymmetrischer (inkompressibler) Anströmung: Auftriebsverteilung, Widerstand, Stabilität.

Aerodynamik der Ruder und Klappen.

Aerodynamik der Leitwerke: Freifahrendes Höhenleitwerk, Flügel-Rumpf-Höhenleitwerks-Interferenz, Beitrag des Höhenleitwerks zum Auftrieb und zur Stabilität der Gesamtkonfiguration; freifahrendes Seitenleitwerk, Einfluß der Flügel-Rumpf-Anordnung auf das Seitenleitwerk, Stabilitätsbeitrag.

Strömungsphysik:

Einführung in die kosmische Strömungsphysik; Planetenatmosphären; Entstehung und Zusammensetzung der Atmosphären, Barometrische Höhenformel.

Elementare Behandlung des hypersonischen Fluges durch Planetenatmosphären; Eintrittskorridore; hochoberhitze reale Gase; molekulare Größenordnungen; Druck, Temperatur und innere Energie; thermodynamisches Gleichgewicht, Maxwell-Boltzmannsche Geschwindigkeitsverteilung; Gleichgewichts- und Nichtgleichgewichtsströmungen; Hyperschallströmungen und Luftkräfte; Newtonsche Theorie; Theorie kleiner Störungen; Hypersonische Ähnlichkeitsgesetze; Hyperschallströmungen um stumpfe Körper; Struktur hypersonischer Strömungsfelder; Nachlaufströmungen.

Aerodynamische Aufheizung und Ablation; Wärmeübergang im Staupunkt; Precursoreffekt.

Turbulente Strömungen I und II:

Physikalische Grundlagen turbulenter Strömungen:

Praktische Beispiele; Definition der Bewegungsform "Turbulenz"; größte und kleinste Längenskalen turbulenter "Eddies"; Energiekaskade.

Bewegungsgleichungen turbulenter Grenzschichten mit Wärme- und Stoff-Transport:

Navier-Stokes-Gleichungen und Reynolds-Gleichungen als mathematische Modelle turbulenter Strömungen, Ähnlichkeit von Strömungen; Wandgesetze.

Turbulenzmodelle:

Klassifikation der Turbulenzmodelle; Beispiele der Berechnung dünner Scherschichten (Mischungsweglängen-Modell, k - ϵ -Modell).

Statistische Auswertung:

Mittelwertbildung; Korrelationen; Energiespektrum.

Meßmethoden:

Hitzdrahtmeßtechnik; Laser-Doppler-Meßtechnik; Messung der Konzentration von Stoffbeimengen.

Experimentelle Untersuchungen:

Physikalische Simulation turbulenter Grenzschichten im Windkanal; Beispiele für Messungen.

Höhere Strömungsmechanik (Gasdynamik):

Erhaltungsgleichungen in allgemeiner Form für Gase, Einführung in die Technik der problemorientierten Vereinfachungen, Eindimensionale Wellen kleiner Amplitude (Schallwellen mit und ohne Absorption). Eindimensionale Wellen finiter Amplitude. Charakteristikenverfahren für eindimensionale, instationäre Strömungen. Stoßwellen; Kolben-Zylinder-Problem. Stationäre zweidimensionale Überschallströmung. Schiefe Stöße. Starke und schwache Stöße. Verdünnungswellen. Meßmethoden der Gasdynamik.

Apparatives Praktikum I (Fluiddynamik):

Praktikum Strömungstechnik/Aerodynamik

Sichtbarmachung von strömungsmechanischen Phänomenen zum besseren Verständnis von theoretischen Modellen; Einführung in den Umgang mit modernen Meß- und Auswertemethoden und -Verfahren; kritischer Vergleich von Messung und Theorie.

Eichung einer Hitzdrahtsonde am Eichgebläse; Linearisierung; Richtungscharakteristik; Vermessung des Düsenstrahles.

Messung der Geschwindigkeitsprofile und des Turbulenzgrades in der laminaren und turbulenten Platten-Grenzschicht mittels Hitzdrahtanemometrie.

Quer angeströmter Zylinder; Messung der Druckverteilung; Widerstandsbeiwert; Karmansche Wirbelstraße; Wirbelablösefrequenz; Längs- und Seitenkraft sowie deren Frequenz;

Bestimmung der Strouhal-Zahl.

Eichung einer Dreikomponenten-DMS-Stielwaage unter Berücksichtigung von Normalkraft-Tangentialkraft- und Momenten-Tangentialkraft-Interferenz.

Dreikomponenten-DMS-Messung an einem Rechteckflügel im Niedergeschwindigkeits-Windkanal; Rechnergesteuerte Datenerfassung und Auswertung; Bestimmung von Auftrieb, Nickmoment, Widerstand und Neutralpunktlage in Abhängigkeit vom Anstellwinkel α und der Reynoldszahl Re .

Ermittlung der Druckverteilung und der resultierenden Normalkraft an einem angestellten Delta-Flügel mittels Scanivalve im Niedergeschwindigkeits-Windkanal; Rechnergestützte Meßdatenerfassung und Verarbeitung; Sichtbarmachung des Wirbelfeldes.

Kalibrierung eines Durchflußmengenmessers mittels Hagen-Poiseuille-Strömung sowie eines Einstrahlinfrarotphotometers mittels Eichgasen.

Simulation des bodennahen Bereichs einer atmosphärischen Grenzschichtströmung im Windkanal und Untersuchung der turbulenten Ausbreitung einer Gasbeimengung in dieser Grenzschicht.

Demonstrationsversuche.

Apparatives Praktikum II (Fluiddynamik):

Praktikum Strömungsphysik/Gasdynamik

Strömungsvisualisierung mittels optischer Methoden, Kurzzeit-Meßtechnik, sowie quantitative optische Laser-Meßverfahren. Anwendung im wesentlichen auf Gasströmungen, sowie auf Gas-Partikel-Gemische.

Im einzelnen:

Kurzzeit-Druckmessung am Stoßwellenrohr zur Bestimmung der Machzahl bei verschiedenen Drücken und Gassorten. Stoßwellendämpfung, Stoßwellen in Wasserdampf; Laser-Miestreuung zum Nachweis der Wandkondensation sowie Kondensation in der Mischzone. Laser-Differential-Interferometrie und Laser-Schlieren-Technik zur Strömungsvisualisierung an einer Flamme. Fraunhofer-Beugung von Laserlicht an Partikelmischungen. Laser-Doppler-Anemometrie. Absorptionsmessungen in reinen Gasen in einer Testgaszelle und hinter Verdichtungsstößen.

Rechneranwendungen III.2:

Numerische Methoden der Fluiddynamik

1) Strömungen mit Relaxation.

Beispiel: Punktexplosion eines Zweiphasengemisches. Grundgleichungen für adiabate Nichtgleichgewichtsexpansion zweier Phasen mit Massen- und Energietransport. Aufstellung eines FORTRAN-Programms, Implementierung am Rechner und numerische Integration. Rolle der physikalischen Institution bei der Festlegung partieller Gleichgewichte. Behandlung des stetigen Übergangs zwischen verschiedenen Gleichgewichtsbereichen.

2) Instationäre Probleme der Gasdynamik.

Beispiel: Entstehung von Stoß- und Verdünnungswellen beim allmählich beschleunigten Kolben.

Grundgleichungen für instationäre kompressible Strömungen. Diskretisierung im Rahmen der Charakteristikentheorie und Differenzenverfahren. Konvergenzordnung und Diskretisierungsfehler. Aufstellen eines FORTRAN-Programms, Implementierung am Rechner und numerische Integration. Verfolgung von Entstehung und Fortpflanzung von Stoß- und Verdünnungswellen durch Berechnung von Druck-, Dichte-, Geschwindigkeits- und Temperaturprofilen in Abhängigkeit von der Zeit. Anwendung der Rankine-Hugoniot-Relationen über die Stoßfront nach deren Entstehung.

3) Analyse zeitaufgelöster Meßsignale aus turbulenten Strömungen.

Beispiel: Schnelle Fourier-Transformation.

Prinzip der diskreten Fourier-Transformation (DFT). Herleitung eines schnellen Algorithmus für DFT. Programmierung in FORTRAN und Implementierung am Rechner, Fourieranalyse von periodischen Beispielsignalen sowie Signalen endlicher Länge. Diskussion von Fehlern, die aus der endlichen Signallänge sowie aus der Diskretisierung des Meßsignals herrühren.

Steuer- und Regelungstechnik I und II**Flugmechanik I und II****Abtastsysteme****Flugmechanik/Anthropotechnik****Navigation****Flugregelung****Apparatives Praktikum I und II (Systemdynamik und intelligentes Verhalten)****Rechneranwendungen III.3****Prof. Dickmanns****Prof. Onken****Steuer- und Regelungstechnik I:**

Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung der Regelungstechnik; Bildung physikalischer und mathematischer Modellvorstellungen zur Erfassung relevanter Verhaltensweisen des zu untersuchenden Systems. Schiffsteuerung, Antennennachlaufsystem, hydraulisches Stellglied, Flugzeuglageregelung, elektrische Netzwerke, Linearisierung um stationäre Arbeitspunkte.

Die Laplace-Transformation zur Überführung zeitinvarianter linearer Differentialgleichungen in algebraische Gleichungen mit komplexen Variablen; der Begriff der Übertragungsfunktion. Graphische Darstellungsmöglichkeiten der Übertragungsfunktion. Darstellung im Zeitbereich durch Steuerungs- und Beobachtungsnormformen. Eigenschaften der Elementarsysteme 1. und 2. Ordnung; Verhalten von Systemen höherer Ordnung, Blockschaltbildalgebra. Einheitsregelkreis, Übertragungsfunktion des geschlossenen Kreises.

Steuer- und Regelungstechnik II:

Synthese von Einfachregelsystemen im s-Bereich, Beispiel Motor-Antenne-System.

Vereinheitlichte Analyse mit verallgemeinerten Bode-Diagrammen und Wurzelortsmethoden.

Leistungskenngrößen für Regelungssysteme: Statische Genauigkeit, Einschwingverhalten, Bandbreite, Störungsunterdrückung, Parameterempfindlichkeit, integrale Kenngrößen.

Kompensationen bei klassischer Reglerauslegung: Vorhaltglieder zur Erhöhung der Dämpfung und der Reaktionsgeschwindigkeit, Integrations- (Verzögerungs) glieder zur Verbesserung der statischen Genauigkeit; P-, PD-, PI-, und PID-Regler.

Zustandsregler, moderne Beobachterregler: Beispiel Stab/Wagen-System.

Das Syntheseproblem, Auslegungsvarianten.

Nichtlinearitäten: Zweipunkt- und Dreipunktregler ohne und mit Hysterese, Methode der Phasenebene für zwei Variable; Beispiel Satelliten-Lageregelung.

Flugmechanik I:

Ausgangsbetrachtungen: Aufbau der Atmosphäre, Normatmosphäre, aerodynamische Kräfte, Antriebssysteme (Schub, Verbrauch, verallgemeinerte Triebwerks- Leistungsgröße).

Punktleistungsbetrachtung (Flugzustände): Der Gleitflug und seine Bedeutung für die aerodynamische Konfiguration des Flugzeugs, Horizontalflug (Flug mit minimalem Schub- bzw. Leistungsbedarf, maximale Flughöhe), Steigflug (maximaler Steigwinkel und maximale Steiggeschwindigkeit), horizontaler Kurvenflug (zeitminimales Wendemanöver, kleinster Kurvenradius, minimaler Treibstoffverbrauch), Höhe-Machzahl-Diagramm, Flugbereichsgrenzen.

Flugabschnitte: Streckenflug (Optimierung von Flugzeit und Flugstrecke), Beschleunigungs- und Verzögerungsflug, Steigflugverfahren (Optimierung hinsichtlich Zeit- und Kraftstoffverbrauch, instationär erfliegbare Maximalhöhe), Start und Landung (Rollstrecke bzw. Abflugvorgang, Triebwerksausfall, Anflug bzw. Bremsstrecke).

Flugmechanik II:

1) Statische Stabilität und Steuerung der Längsbewegung: Geradliniger Flug (Kräfte, Momente, Neutralpunkt, Trimm-Ruder-Winkel, loses Ruder), Abfangbewegung (Manöverpunkt, Zusatz-Ruderwinkel), Steuerkräfte (Stabilitäts- und Abfanghandkraft).

2) Seitenbewegung: Gierbewegung (Windfahnenstabilität, Gierdämpfung, Giersteuerung, Seitenruder-Steuerkraft), Rollbewegung (Rolldämpfung, Rollsteuerung), Kopplungsmomente (Roll- und Giermomente), spezielle unsymmetrische Flugzustände (Schiebeflug, unsymmetrischer Triebwerksausfall, Kurvenflug).

3) Dynamik der Längs- und Seitenbewegung: Bewegungsgleichungen (Freiheitsgrade, Herleitung und Linearisierung der Bewegungsgleichungen), Laplace-Transformation, charakteristische Gleichung), dynamische Stabilität (Stabilitätsbedingungen, Zusammenhang mit der statischen Stabilität), Eigenwerte und Eigenbewegungsformen (Näherungslösungen, Ein- bis Drei-Freiheitsgrad- Näherungsbetrachtungen).

Abtastsysteme:

Periodische Signalabtastung, Halteglieder; Beschreibung im Frequenzbereich durch die z-Funktion.

Vergleiche mit dem s -Bereich, Einführung der β (Eszet)-Transformation; Diskussion des Grundstreifens im Bereich sT , Abbildung in den z - und β -Bereich, Stabilitätsbereiche, Transformation von Signalen, Differenzen- und Integraloperatoren, Diskussion der besonderen Rolle des Trapezintegrators im β -Bereich ($1/\beta$) zum Anschluß an die Beobachtermethoden im s -Bereich.

Digitale Übertragungsfunktionen, Einfluß der Abtastzeit, Kreisschließungen; Wurzelorte; Entsprechungen und Abweichungen gegenüber dem s -Wurzelort.

Entwurf diskreter Regler (P, PD, PI, PID); digitale Beobachterregler: Beispiele wie in SRT II.

Einfluß von Totzeiten auf das Gesamtverhalten.

Zustandsvariablen-Schreibweise in diskreter Form.

Flugmechanik/Anthropotechnik:

Darstellung der Wirkungsschleifen der Flugmechanik/Flugführung mit besonderer Herausstellung der Rolle des Piloten zur Durchführung der Flugführungs- und Systemüberwachungsaufgaben.

Aufgabenanalyse.

Modelle für das Verhalten des Menschen bei der Wahrnehmung und der Informationsverarbeitung (Kognition) sowie als Effektor.

Berücksichtigung psychologischer Faktoren.

Modelle des menschlichen Fehlverhaltens, verursacht durch eigene Unzulänglichkeiten und/oder durch äußere Einflüsse.

Bestimmung von automationsrelevanten Funktionen und personalen Aufgaben.

Schnittstellenorientierte Analyse- und Bewertungsverfahren.

Flugführung/Flugnavigation:

Grundlagen der Flugnavigation:

Einteilung der Erde, Karten, Koppelnavigation, relative Navigation (Landmarkennavigation), globale und lokale Navigation, Luftraumorganisation.

Grundlagen der Flugzeuginstrumente:

Höhenmesser, Variometer, Fahrtmesser, Machmeter, Beschleunigungsmesser, Korrekturverfahren.

Kreiselgeräte:

Wende-, Lage-, Kurskreisel; künstlicher Horizont, Stützung, Trägheitsnavigationssysteme.

Funknavigation:

Grundlagen, Kurs- und Peilbegriffe, Radiokompaß, UKW-Drehfunkfeuer, DME, Instrumenten-Landesystem, Funknavigationsverfahren, Radaranlagen, Dopplernavigation, Satellitennavigation.

Hybride Navigationssysteme.

Korrelationsverfahren zur Positionsbestimmung.

Flugregelung:

Geschichtlicher Überblick; Ableitung der Bewegungsgleichungen und der Übertragungsfunktion für Steuer- und Böeneingänge, Sensoren und Steuerorgane.

Die wichtigsten Einfachregelkreise der Längsbewegung: Nickdämpfung und Längsneigung, Fahrt-, bzw. Machzahl, Anstellwinkel, Höhe.

Verkoppelte Regelkreise, Umwandlung in sequentielle Kreisschließungen.

Beispiel: Höhenregler mit innerem Längsneigungs- oder Schubregelkreis.

Die Einfachregelkreise der Seitenbewegung: Gierdämpfer, Rolldämpfer, Kursregelung, Umwandlung verkoppelter Regelkreisschließungen mit zwei Steuergrößen (Quer- und Seitenruder) in sequentielle Kreisschließungen.

Diskussion der Synthesaufgaben der Flugregelung, Syntheseverfahren. Beispiele ausgeführter Regler: Boeing 737-Regler; Tornado; Entwicklungstendenzen in der Flugregelung.

Apparatives Praktikum I (Systemdynamik und intelligentes Verhalten):

Gerätepraktikum Steuer- und Regelungstechnik

Mechanische und elektronische Modellregelkreise: ebene Satellitenlageregelung mit linearem Regler mit Begrenzung der Stellgröße sowie mit Zwei- und Dreipunktregler;

Stabilisierung und Steuerung einer instabilen Strecke (Stab/Wagen-System mit Prozeßrechner); Flugzeugregelung in der Längsbewegung (Nickdämpfer, Nicklage); Frequenzgangmessung an linearen Modellstrecken; Drehzahlregelung bei einem Motor-Generator-System.

Apparatives Praktikum II (Systemdynamik und intelligentes Verhalten):

Gerätepraktikum Flugführung

Durchführung von Simulationsversuchen zu

- Navigation mit Hilfe von Funknavigationsverfahren
- Mensch als Regler (Belastungsauswertung, Analyse der Piloten-Übertragungsfunktion, flugmechanische Analyse)
- Cockpitanzeigen-Konzeption.

Rechneranwendungen III.3:

Bearbeitung komplexer Aufgaben aus den Gebieten Steuer- und Regelungstechnik sowie Flugmechanik und Flugführung. Einführung in Problemstellung und Rechentechnik, Erarbeiten von Rechenmethoden und Programmen sowie Dokumentation und Bericht über Ergebnisse und Erfahrungen. Diskussion der

Vor- und Nachteile der einzelnen Rechenarten (z.B. Zeitaufwand für Vorbereitung und Rechnen, Rechnen in Echtzeit, Genauigkeit, Nachbildung mehrdimensionaler, nichtlinearer Funktionen).

Strömungsmaschinen I und II

Antriebskomponenten

Raumfahrtantriebe

Apparatives Praktikum (Antriebe)

Prof. Fottner

Strömungsmaschinen I:

Überblick über die verschiedenen Arten von Strömungsmaschinen mit spezieller Betrachtung der Strahlantriebe.

Erläuterung der Kreisprozesse.

Untersuchung des Gesamttriebwerksystems:

Aufbau des Triebwerks aus den Komponenten Flugzeugeinlauf, Verdichter, Brennkammer, Turbine, Schubdüse, Nachbrenner und Auslegung einzelner Komponenten.

Untersuchung des Betriebsverhaltens einzelner Komponenten und des Gesamttriebwerks für verschiedene Flugfälle.

Strömungsmaschinen II:

Detaillierte Untersuchungen des Betriebsverhaltens einzelner Komponenten und des Gesamttriebwerkssystems für verschiedene Flugfälle unter besonderer Berücksichtigung der Missionsanforderungen des Flugzeugs. Aus den unterschiedlichen Anforderungen werden die verschiedenen Triebwerkstypen abgeleitet.

Nachweis der Triebwerksleistungen durch Prüfstandsläufe auf Komponenten- und Triebwerkversuchsanlagen. Auswertung und Analyse der Versuche.

Durchsprache der konstruktiven Gestaltung verschiedener Triebwerke, u.a. auch durch praktische Demonstrationen und Diskussion von aktuellen Konstruktionsproblemen.

Entwicklungsprobleme an Komponenten und am gesamten Triebwerk, sowie Erläuterung der zukünftigen Entwicklungstendenzen.

Antriebskomponenten:

Fortschrittliche Rechenverfahren für Auslegung und Betriebsverhalten der Turbokomponenten mit besonderer Berücksichtigung der Reibungswirkungen durch geeignete Verlustmodelle für die einzelnen Verlustanteile in mehrstufigen Strömungsmaschinen.

Darstellung praktischer Auslegung im Hinblick auf optimale Konfigurationen. Herausarbeiten verschiedener Optimierungskriterien für unterschiedliche Anwendungsfälle.

Eingehende Erläuterung der Beschauelungsauslegung für Verdichter- und Turbinengitter unter Berücksichtigung neuer Konzepte für die Profilformen hochbelasteter Schaufelgitter.

Raumfahrtantriebe:

Allgemeine Betrachtungen zu Flüssigkeitsraketenantrieben. Verhältnis von Datenangaben der Industrie zu Literaturangaben, verglichen anhand ausgeführter Trägerraketenstufen eines interplanetaren Raumfahrzeuges und eines Mondlandfahrzeuges.

Raumfahrtantriebe mit hochenergetischen Treibstoffen (z.B. LH₂ / LF₂)

Neben- und Hauptstrompumpenförderung sowie Kühlung von Lavaldüsen.

Grundsätzliches zu Feststoff- und Hybrid-Raketenantrieben.

Kombination Feststoffraketen mit einem Staustrahlantrieb.

Kernenergie- und elektrische Raumfahrzeugantriebe, und zwar elektrothermische, elektromagnetische und elektrostatische sowie einige exotische Antriebe.

Apparatives Praktikum (Antriebe):

Das Apparative Praktikum umfaßt 4 Stationen:

- Bestimmung des Betriebsverhaltens (Kennfeld) einer Radialverdichterstufe mit Untersuchung der Pumpgrenze
 - Bestimmung des Betriebsverhaltens (Kennfeld) einer Axialturbinenstufe mit Berücksichtigung des dafür eingesetzten Luftlieferers (Kaltluftbetrieb)
 - Untersuchung der Druckverluste und der Temperaturverteilung in einer Triebwerksbrennkammer
- Messung der Leistungscharakteristik eines Turbostrahltriebwerks.

Luftfahrttechnik I und II

Luftfahrttechnik III

Apparatives Praktikum (Flugzeugbau)

Prof. Staudacher

Luftfahrttechnik I:

Problematik und grundsätzliche Vorgehensweise beim Entwerfen eines Flugzeuges. Charakterisierung des Flugzeuges (geschichtliche Entwicklung).

Projektierung von zivilen und militärischen Flugzeugen auf der Grundlage von Bedarfsanalysen und taktischen Forderungen sowie kurze Erörterung der Entwicklungsphasen.

Grundlagen zur Berechnung der aerodynamischen Kräfte und Momente, insbesondere Widerstandsabschätzung für Vorentwurfszwecke bei sub-, trans- und supersonischer Strömung. Zusammenstellung der charakteristischen Merkmale verschiedener Antriebssysteme und der wichtigsten Flugzustände aus flugmechanischer Sicht zur Auslegung von Flugzeugen.

Erfahrungswerte und Methoden zur Prognose der Masse von Flugzeugzellen und Untersystemen; Einflüsse der Flugzeuggeometrie auf die Masse des Flugzeuges. Gewichtsabschätzung von Verkehrsflugzeugen.

Der Einsatzbereich des Flugzeuges.

Methodik des Flugzeugentwurfs: Wesentliche Aspekte des Flugzeugentwurfs; Flugzeugvorentwurf und Flugzeugentwurf; parametrische Auslegung und Optimierungsmethoden als Vorentwurfsverfahren; das Auslegungsdiagramm als graphisches Hilfsmittel; Unterschied beim Entwurf von Kampf- und Transportflugzeugen; statistische Erfassung bisher realisierter Flugzeuge; der Entwurfszyklus, Ermittlung des Auslegungsdiagramms für ein Verkehrsflugzeug; Nachrechnung der Flugleistungen.

Luftfahrttechnik II:

Das Auslegungsdiagramm für Kampfflugzeuge.

Gewichtsabschätzung von Kampfflugzeugen.

Die aerodynamische Auslegung:

- Allgemeine Problematik
- Profilauslegung (konventionelles, Roof-Top- und transsonisches Profil)
- Tragflügel auslegung in Abhängigkeit der Aufgabenstellung und neuer Technologien (Flügel variabler Pfeilung, Flügel mit Strakes, Doppeldeltaflügel, transsonische Flügel, Flügel im Poststallbereich)
- Formgebung des Rumpfes
- Vorentwurfsauslegung des Leitwerkes

Vorkehrungen für den Triebwerkseinbau (Einlauf, Heck, Düse) unter Berücksichtigung der strömungsphysikalischen Einflüsse bei sub-, trans- und supersonischer Strömung.

Optimierung der Gesamtkonfiguration.

Wesentliche Gesichtspunkte der Stabilität und Steuerung bei der Auslegung eines Flugzeuges.

Wirtschaftlichkeit eines Entwurfs.

Luftfahrttechnik III:

Verfeinerte Methoden zur aerodynamischen Auslegung des Flugzeugtragflügels und der Konfiguration:

- Aerodynamische Simulation zwischen Versuch und Berechnung
- Transsonische Profilauslegungsmethoden
- Isobarenkonzept zur Auslegung eines Tragflügels
- Konfigurationsoptimierung
- Numerische Verfahren

Komponentenauslegung im Hinblick auf die Konfigurationsentwicklung eines Entwurfs:

- Variation des Flügelkonzepts
- Hochauftriebssysteme
- Funktionale Rumpfauslegung am Beispiel eines Transportflugzeugs
- Flügel/Rumpf-Anordnung

Einfluß der aktiven Flugregelung auf die Auslegung:

- Leistungsgewinn durch reduzierte Stabilität
- Lastabminderungen/Flugkomfort
- Direkte Kraftsteuerung

Trimmwiderstände und Manöverflug.

Hyperschallentwurf.

Entwurf von Großflugzeugen.

Stealth-Entwürfe.

Apparatives Praktikum (Flugzeugbau):

Versuch I: Kalibriermessungen am Überschall-Windkanal.

Versuch II: Messung des Anströmzustandes im Überschall.

Versuch III: Messung mit Laser-Doppler-Anemometer.

Versuch IV: Traversierung am Verdichtungsstoß mit Laser-Doppler-Anemometer.

Versuch V: Shadowgraph und Schlierenoptik.

Versuch VI: Die Schlierenoptik am Trisonischen Windkanal.

Raumfahrttechnik I und II**Weltraumphysik****Dynamik und Regelung von Satelliten****Apparatives Praktikum (Raumfahrttechnik)****Prof. Häusler****Raumfahrttechnik I:**

- Historische Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Raumfahrt.
- Einführung in das Sonnensystem und den erdnahen Raum.
- Bahnmechanik: Kinematische Grundbeziehungen, die Keplerschen Gesetze, Keplergleichung, Bahntypen.
- Koordinatensysteme und Zeit.
- Grundlegende Betrachtungen der Raketentechnik: Raketengleichung, Massenverhältnisse, Stufenprinzip, Stufenoptimierung, Antriebsarten.
- Bahnen von Raketen: Senkrechtschuß, 'Gravity Turn', Geschwindigkeitsverluste auf Aufstiegsbahnen.
- Trägerraketen: Höhenforschungsraketen, Satellitenträgerraketen.
- Einführung in die Nachrichtenverbindung mit Raumflugkörpern: Leistungsverhältnisse, Freiraumverlust, Antennengewinn, Rauschen, Übertragungsqualität.

Raumfahrttechnik II:

Vertiefung auf dem Gebiet der Satellitensystemtechnik (Schwerpunkt Kommunikationssatelliten):

- Einleitung: Historische Entwicklung, technische und kommerzielle Aspekte.
- Existierende und geplante Satellitensysteme.
- Internationale Regelungen und Organisationen.
- Satellitenbahnen im Raum: Der geostationäre Orbit, inklinierte Bahnen, Bahntransfers.

- Prinzipien der Nachrichtenübertragung bei Satelliten: Übertragungsstrecke, Modulation, Multiplexing und Kodierung, analoge und digitale Übertragungsverfahren, Vielfachzugriffsverfahren, Transpondertechnik, Interferenzbetrachtungen.
- Satellitentechnologie:
Struktur, Lageregelung, Energieversorgung, Thermalhaushalt, Antrieb, An-Bord-Datenverarbeitung, Telemetrie, Telekommando, Antennen, Repeater (Nutzlast).
Systembudgets: Masse, Power, Treibstoff, EIRP, G/T, Ausrichtgenauigkeit.
Testphilosophie: Qualifikations- und Abnahmetests, Satellitenfunktionstests, In-Orbit-Testverfahren.
- Zuverlässigkeit: Gesetze, Entwurfslebensdauer, Wear-out-Effekte, Redundanzkonzepte, Systemzuverlässigkeit, nachrichtentechnische Verfügbarkeit.
- Einfluß der Weltraumumgebung auf Satelliten: Elektrostatische Aufladung, Strahlungsschädigung.
- Start und Positionierung von Satelliten.

Weltraumphysik:

Einführung in die Physik des interplanetaren Raumes und Vertiefung auf dem Gebiet der Himmelsmechanik (Schwerpunkt auf Satellitenbahnen).

- Astronomische Grundlagen.
- Aufbau der Sonne, Eigenschaften des Sonnenwindes.
- Erdmagnetosphäre.
- Eigenschaften von Planeten und Kometen.
- Keplerbahnen, Orbitbestimmung und Orbittransfer von Satelliten.
- Das Mehrkörperproblem, Erhaltungssätze, das restringierte Dreikörperproblem, Lagrange-Punkte.
- Interplanetarer Transfer, die hyperbolische Bahn, Einflußsphäre, 'Gravity Assist'-Manöver.
- Störungstheorie, wirksame Störkräfte, Methode der Variation der Bahnelemente.
- Erdnahe und geostationäre Bahnen von Satelliten, Einfluß von Störungen und Auswirkung auf Missionsplanung.

Lageregelung und Dynamik von Satelliten:

Vertiefung der Bahnbewegung der Dynamik und Regelung von Satelliten im Orbit unter Berücksichtigung passiver und aktiver Stabilisierungsmethoden.

- Einleitung: Künstliche Satelliten, Anzahl und Klassifikation, Projektbeschreibung und Missionen.
- Bahnbewegung von Satelliten: Energieintegral, Momentintegral, Laplace-Integral, Bahngleichung und zeitlicher Ablauf, Raumflugmanöver, Transfer-Orbits, Interplanetare Flugbahnen, Abfangen oder Flucht, Wirkung der Erdabplattung, Rendezvous und Interzeption, Bahnen geringen Schubs.
- Kopplung zwischen Translation und Rotation: Bewegungsgleichungen, Bedingungen für Entkopplung.
- Der Satellit im Orbit: Koordinatensysteme, Winkelgeschwindigkeiten, Bewegungsgleichungen des starren Satelliten, freie Bewegung eines starren Satelliten, Stabilität der Rotationen um die Hauptachse, freie Bewegung eines symmetrischen Satelliten.
- Äußere Momente: Gravitationsgradient, Aerodynamisches Moment, Magnetisches Moment, Solarstrahlungsmoment.
- Der drallstabilisierte Satellit: Ideale Drallstabilisierung, Stabilisierung mit Nutation, Dämpfungseinrichtungen, der Jo-Jo-Entspinner
- Der passiv stabilisierte Satellit: Gravitationsstabilisierung im Kreisorbit, technische Realisierung, viskose Ringdämpfer, Dämpfung durch Massenverteilungsänderung, Gravitationsstabilisierung im elliptischen Orbit, magnetische Stabilisierung und Dämpfung, Ausnutzung des Strahlungsdrucks zur Stabilisierung.
- Aktiv stabilisierte Satelliten: Lageregelung mit Steuerdüsen, Lageregelung mit Schwungrädern, Lageregelung mit Kreiseln, Kombinierte Möglichkeiten.

Apparatives Praktikum (Raumfahrttechnik):

Versuch 1: Bestimmung der Trägheitsmomente flüssigkeitsgefüllter Körper.

Versuch 2: Untersuchung des Treibstoffschwappens in Raketentanks (freie Schwingungen).

Versuch 3: Anwendung der Einflußkoeffizientenmethode zur Bestimmung der Schwingungen von Strukturen.

Versuch 4: Eigenschaften von Solarzellen.

Versuch 5: Lageregelung einer starren Rakete (Rechner).

Versuch 6: Anwendung der Fourieranalyse zur Bestimmung der Schwingungen von Strukturen.

Versuch 7: Versuche zum Wärmehaushalt von Satelliten.

Versuch 8: Weltraumsimulation.

Versuch 9: Bestimmung des Erdmagnetfeldes, Kompensation und Abschirmung.

Versuch 10: Aufbau und Durchmessen einer simulierten Satellitentelemetriestrecke.

Leichtbau I und II
Strukturdynamik
Finite Elemente
Apparatives Praktikum (Leichtbaustrukturen)

Prof. Fahlbusch
Prof. Emmerling
Prof. Gudladt

Leichtbau I:

Definition des Leichtbaus, Aufgabengebiete, Maßnahmen zum Leichtbau und ihre Konsequenzen;

Stabstatik: Grundgleichungen, Dgl.-Systeme der Biegung, Torsion nach St. Venant, Zug/Druck. Übertragungsmatrizen und Lastvektoren. Schnittkräfte und Verformungen. Spannungsermittlung, Normalkraft- und Schubflußverteilungen. Leichtbauprofile, Schubwandträger. Torsionstheorie nach St. Venant für Leichtbaukonstruktionen, Anwendung bei Hybridbauweise, mehrzeilige Querschnitte. Wölbkrafttorsion offener Querschnitte.

Ebene und räumliche Schubfeldstrukturen.

Schubfeldtheorie: Grundlagen der Berechnung, Berechnung verschiedener Blechfeldtypen, ebene Schubfeldtragwerke.

Bestimmung der statischen Unbestimmtheit von Strukturen. Statisch unbestimmte Rechnungen, Wahl der statischen Unbestimmten. Orthogonalisierung, Symmetrieaussagen. Ermittlung von Verformungen.

Rahmen und Spante.

Leichtbau II:

Belastungsumordnungsverfahren.

Die Dreigurtscheibe als Anwendung der Schubfeldtheorie.

Berechnung von Klebe- und Nietverbindungen mit Hilfe der Dreigurtscheibe.

Berechnung von Spanten und Ringen.

Verfahren von Cayley-Hamilton zur Aufstellung von Übertragungsmatrizen.

Vollständige technische Schalentheorie am Beispiel der Kegelschale mittels der Übertragungsmatrizen.

Grenzübergang auf die Zylinderschale, Platte und Scheibe.

Behandlung der Membrantheorie/Halbmembrantheorie als Sonderfälle.

Stabilität und Spannungsprobleme dünnwandiger Stäbe.

Biegedrillknicken.

Biegedrillknicken mit erzwungener Drehachse.

Kippen.

Strukturdynamik:

Matrizenrechnungen, Lineare Gleichungssysteme, Eigenwert-Problem, Cayley-Hamilton.

Aufstellen von Übertragungsmatrizen. Anwendungsformen der Übertragungsmatrizen.

Anwendung auf statische Probleme (Balken auf elastischer Bettung, Behältertheorie).

Anwendung auf dynamische Probleme (Schwingungen von diskontinuierlichen und kontinuierlichen Strukturen bzgl. Biegung, Torsion usw. im Ortsbereich, Frequenzgang).

Übergang von Übertragungs- auf Steifigkeitsmatrizen. Direct-Stiffness-Methode. Finite-Elemente-Methode.

Matrizielles Kraftgrößenverfahren.

Schwingungen im Zeitbereich in matrizieller Schreibweise unter deterministischen Anregungen bei gedämpften und ungedämpften Systemen, Modaltransformation.

Material- und Strukturdämpfung, Rheologische Modelle (Kelvin-, Maxwell-, 3 P-Modell). Viskoelastizität, Gedächtnisfunktionen.

Gedämpfte Schwingungen.

Finite Elemente:

Matrizenformulierung der Grundgleichungen der Elastizitätstheorie:

Verzerrungs-Verschiebungs-Beziehungen, lokale Bewegungsgleichungen, Materialgleichungen, Prinzipie der virtuellen Verrückungen und der virtuellen Kräfte, Prinzipie vom stationären Wert (Minimum) des elastischen Gesamtpotentials und vom stationären Wert des Ergänzungspotentials.

Beispiele: Stab, Balken, ebener Spannungs- und ebener Verzerrungszustand, Platten, Schalen, achsensymmetrische Probleme.

Verschiebungsmethode:

Grundgedanken der Finitisierung, Verschiebungsinterpolationsmatrix, Verzerrungs-Verschiebungs-Matrix, Steifigkeitsmatrix, Massenmatrix, Spaltenmatrizen der Lasten, Dämpfungsmatrix.

Beispiele: Lokale Steifigkeits- und Massenmatrix für Stab, Balken, Scheibe.

Spezielle Fragen:

Forderungen an die Koordinatenfunktionen, lokales und globales Koordinatensystem, Transformationsformeln, Starrkörperbewegungen, Genauigkeit der Rechenergebnisse, inkompatible, gemischte und hybride Finite-Element-Modelle.

Isoparametrische Finite-Element-Matrizen:

Grundgedanken der isoparametrischen Steifigkeitsformulierung, Kontinuums-elemente, numerische Integration.

Strukturelemente:

Schubweiches Balkenelement, Plattentheorie von Hencky-Mindlin, Schalenelemente.

Einfache Beispiele: Statik und Dynamik von Fachwerken, Rahmen, Scheiben und Platten (einfache Einteilung).

Integration der Bewegungsgleichung:

Freie Schwingungen des ungedämpften Systems, allgemeines Eigenwertproblem.

Apparatives Praktikum (Leichtbaustrukturen):

Versuch 1: Experimentelle Überprüfung der Schubfeldtheorie an einer Dreigurt-scheibe.

Versuch 2: Stabstabilität und Spannungsprobleme (Nichtlineares Tragverhalten).

Versuch 3: Grundlagen der Schwingungsmessung an elementaren Strukturkomponenten, Anregungsarten (Impuls, Sinus, Random), Aufnehmertypen, Meßgeräte und Verfahren usw.

Versuch 4: Dynamische Strukturprobung I.

Bestimmung der Strukturparameter (Eigenfrequenz, Dämpfung, Übertragungsfunktionen).

Versuch 5: Dynamische Strukturprobung II.

Strukturidentifikation, Modalanalyse.

Versuch 6: Stabilitätsprobleme bei Fachwerken.

E2. Hauptstudium

Ergänzungen für die Studienrichtung Ingenieurplanungstechnik

Operations Research I und II

Prof. Marti

Prof. Gwinner

Operations Research I und II:

Lineare Optimierung:

Beispiele für lineare Programme: Produktionsprobleme, Diät- und Mischungsprobleme, Transportprobleme, Zuordnungsprobleme, Netzwerkflußprobleme; lineare Programme: Konvexe Polyeder, Ecken und Minimalpunkte; Basis einer Ecke; Eckenaustausch und Simplexverfahren; entartete Ecken; Bestimmung von Ausgangsecken; Dualität;

algorithmische Durchführung des Simplexverfahrens: Beschreibung des Simplex-Tableaus; Durchführung eines Austauschschrittes; Degeneration; Simplexverfahren bei Gleichungen als Nebenbedingungen, Simplexverfahren mit Variablen ohne Vorzeichenbeschränkung; Bemerkung zur ganzzahligen Optimierung.

Nichtlineare und dynamische Optimierung:

Beispiel für nichtlineare Programme: Quadratische Optimierung, Approximationsaufgaben, Parameteroptimierung, Entwurfsoptimierung;

nichtlineare Programme: Konvexe Mengen und Funktionen; konvexe Programme; notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen; globale und lokale Kuhn-Tucker-Bedingungen; konvexe Optimierung mit affinlinearen Restriktionsfunktionen;

Lösungsverfahren: Verfahren der zulässigen Richtungen; Schnittebenenverfahren; Strafkostenverfahren; Suchverfahren; globale Optimierung;

Dynamische Optimierung: Beispiele für dynamische Programme (Aufteilungsprobleme); Optimalitätsprinzip und Bellmannsche Funktionalgleichung; unendlichstufige Entscheidungsprozesse; Lösungsverfahren, Wertiteration und Politikiteration.

Stochastische Modelle:

Simulation;

Einführung in die Theorie stochastischer Prozesse, Markoffsche Prozesse, Übergangswahrscheinlichkeiten, Übergangsmatrix, stochastische Entscheidungsmodelle; Warteschlangen, Zuverlässigkeits- und Ersatztheorie; Lagerhaltung;

Stochastische Entscheidungsprozesse, stochastische dynamische Optimierung;

Stochastische Optimierung, stochastische Verfahren der Optimierung, stochastische Approximation, Random Search Verfahren.

Graphentheorie:

Digraphen, optimale Wege, kostenminimale Flüsse, Problem des Handlungsreisenden und des Postboten.

Netzplantechnik:

Kostenplanung, Kapazitätsplanung, Entscheidungsnetzpläne.

Statistik I und II

Prof. Gwinner

Prof. Marti

Statistik I:

Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie.

Zufallsexperiment und Ergebnisalgebra; relative Häufigkeiten, Wahrscheinlichkeitsbegriff, unabhängige und bedingte Wahrscheinlichkeit; Zufallsvariable und Verteilungen; Maßzahlen einer Verteilung, charakteristische Funktionen; spezielle eindimensionale Verteilungen: Binominal-, Poisson- und hypergeometrische Verteilung, Normalverteilung und aus ihr abgeleitete Testverteilungen, mehrdimensionale Zufallsvariablen und Verteilungen, Transformation von Zufallsvariablen, Zufallsgeneratoren; Zentraler Grenzwertsatz.

Statistik II:

Beurteilende Statistik.

Näherungswerte für unbekannte Konstanten: Mittelwert, Varianz, Momentenmethode; Schätzfunktion,- Erwartungstreue, Wirksamkeit, konsistente Schätzfunktion; Maximum-Likelihood-Methode; Konfidenzintervalle für den Mittelwert einer Normalverteilung mit bekannter und unbekannter Varianz; Konfidenzintervall für die Varianz einer Normalverteilung; Konfidenzintervalle bei beliebigen Verteilungen;

Testen von Hypothesen, Entscheidungen: Typen von Alternativen, Fehler beim Testen, Anwendung auf die Normalverteilung, Vergleich der Mittelwerte und Varianzen zweier Normalverteilungen;

Tests für die Verteilungsfunktion: Chi-Quadrat-Test; Kolmogoroff-Smirnov-Test;

Varianzanalyse: Vergleich der Mittelwerte mehrerer Normalverteilungen; Doppelte Varianzanalyse;

Regressionsrechnung: Regressionsgrade, Prinzip der kleinsten Quadrate; Konfidenzintervalle für den Regressionskoeffizienten; Regression und Varianzanalyse; Test der Linearität der Regression; Nichtlineare Regression;

Korrelation: Korrelationskoeffizienten Regressionskoeffizienten; Korrelationskoeffizient und Regressionskoeffizient;

Theorie der Meßfehler: Arten von Meßfehlern; Genauigkeitsmaße; gewogener Mittelwert, Fehlerfortpflanzungsgesetz; Ausgleichgeraden und -kurven.

Parameterfreie Verfahren: Vorzeichentests; Testen der Zufälligkeit in Stichproben; Rangtest;

Personalmanagement und Führung

Prof. Färber

Personalmanagement und Führung:

- Organisationspsychologie und personalwirtschaftliche Aspekte des menschlichen Leistungsverhaltens (Motivationspsychologie, Arbeitszufriedenheit, Gestaltung der Arbeitsbedingungen, Anreizgestaltung, z.B. Entgeltpolitik).
- Arbeitspsychologische Aspekte des menschlichen Leistungsverhaltens (Ermüdung und Beanspruchung, Arbeitspausen und Erholung, ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen, Streß).
- Konzepte und Methoden der Arbeitshumanisierung (Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen, Job-Design).
- Theorien und Methoden der Mitarbeiterführung (Effizienztheorien, Verhaltenstraining, Führungstechnik).
- Arbeitsgruppenbeziehungen (Gruppendynamik, Konfliktbewältigung, Kommunikation bei Teamwork).
- Beziehungen zwischen Gruppen (Ideologien, Statussymbole und Identifikation, Minderheiten, Kommunikation).
- Techniken zur Erkennung von Motivstrukturen (Rollenspiele, Interviews, Einsatz von Video- und Datengeräten).
- Betriebsverfassungsrechtliche Mitbestimmung als Rahmenbedingung des Personalmanagement.
- Ansätze und Methoden der Personalforschung.
- Personaldatenbanken und rechnergestützte Optimierung des Personaleinsatzes.

Informationsprozesse in Industrieunternehmen I, II und III

Prof. Dr. Katzy

Informationsprozesse in Industrieunternehmen I,II und III:

Problemfeld:

Industrielle Produktion, Stückgutindustrie, Fertigungs- und Betriebstypen, Betriebliche Funktionen, Informationsverknüpfungen zwischen betrieblichen Funktionen in Abhängigkeit vom Betriebstyp.

Planungsebenen im Unternehmen.

Strategische Planung:

Portfolios, Produktlebensdauerzyklen, Erfahrungskurve.

Einführung in die Kosten- und Finanzrechnung:

Kostenrechnung, Gewinn- und Verlustrechnung, Bilanzstruktur.

Produktionsplanung und -steuerung (PPS):

Stammdaten, Strukturdaten, Schlüsselsysteme, Produktionsprogrammplanung, Prognosen, Mengenplanung, Beschaffung, Termin- und Kapazitätsplanung, Fertigungssteuerungsverfahren, Rechnereinsatz bei PPS.

Produktentwicklung und Konstruktion:

Systematik des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses, Möglichkeiten und (gegenwärtige) Grenzen des Rechnereinsatzes (CAD). Leistungsklassen und Anwendungen von CAD-Systemen.

Einführung in CAD Mechanik:

Geometrische Modellierung in CAD-Systemen, Besonderheiten der Visualisierung. Kopplung von CAD mit FEM-Berechnungsverfahren, Praxisbeispiele.

Einführung in CAD Elektronik:

Fertigungsvorbereitung:

Aufgaben der Fertigungsvorbereitung Arbeitsplanerzeugung, Möglichkeiten der Rechnerunterstützung (CAP), NC-Programmierung, Montageplanung.

Qualitätssicherung:

Umfang und Stellenwert der Qualitätssicherung, Qualitätsplanung, -lenkung, -prüfung, QS-Elemente und Rechnereinsatz (CAQ), Quality Function Deployment (QFD). QS-Verfahren zur Problemanalyse, (Ishikawa, FMEA, Zuverlässigkeitsanalyse), Versuchsplanung (Shainin, Taguchi) sowie zur Prüfung von Produkten und Prozessen (SPC). Qualitäts-Audits, Prozeßfähigkeit.

Logistik:

Informationslogistik in Analogie zur Materiallogistik.

Informationsspeicherung, Dateien, Datenbanken.

Informationsübertragung, Netze, insbesondere LAN, ISO-7-Schichten-Modell.

Zusammenfassung der Situation in Industrieunternehmen:

Probleme, Lösungsansätze (u.a. CIM, Lean Production, Lean Management, Autonome Gruppen).

Planungsmethoden:

Ideenfindung, Problemerkennung, Prognosen und Szenarien, Aufwand-/Nutzenermittlung, Projektplanung, Analyse und Auslegung von Prozessen.

Betriebswirtschaftslehre I und II

Prof. Bähr (WOW)

Prof. Wüthrich (WOW)

Betriebswirtschaftslehre I und II:

Einführung in die Betriebswirtschaftslehre:

- Aufgaben und Methodik der Betriebswirtschaftslehre;
- Abgrenzung und Analyse wichtiger betriebswirtschaftlicher Entscheidungstatbestände: Leistungsprogrammgestaltung, Rechtsformen und Standortwahl, Organisationsstruktur und Organisationsverfassung, Entscheidungstatbestände der betrieblichen Funktionsbereiche;
- Beispiele für die Entwicklung betriebswirtschaftlicher Erklärungsmodelle;
- Aufbau und Aussagefähigkeit betriebswirtschaftlicher Entscheidungsmodelle;
- Modellprämissen und Problemstrukturen;
- Kriterien betriebswirtschaftlicher Entscheidungen.

Betriebsorganisation:

- Elemente und Beziehungen, Struktur und Verhalten sozialer Systeme, formale und informale Aspekte der Organisation;
- Ermittlung und Darstellung von Ist-Zustand und Ist-Verhalten einer Organisation: Techniken der Organisationsanalyse;
- Organisatorische Gestaltung sozialer Systeme: Effizienz-Maßstäbe und ihre Interessenabhängigkeit, Aktionsparameter und Rahmenbedingungen der Organisationsgestaltung.

Produktionswirtschaft:

- Erscheinungsformen und Gestaltungsmöglichkeiten betrieblicher Produktionsprozesse;
- Begriffe und Typologie der Produktionsverfahren;
- Produktionsprozeß als allgemeiner Faktorenkombinationsprozeß;
- Determinanten des Faktorverzehrs;
- Wesen und Aufgabe von Produktionsfunktionen;
- Darstellung der Produktionsfunktionen vom Typ A, B und C;
- Ausgewählte Probleme der Produktionsplanung: Modelle der Prozeß- und Programmplanung, Produktionsinformationsprozesse.

Kostenrechnung und Wirtschaftlichkeitsanalysen:

- Grundlagen der Kostentheorie;
- Grundlagen der Kostenarten, Kostenstellen, Kostenträgerrechnung;
- Darstellung von kostentheoretischen Modellen als Entscheidungshilfen für betriebswirtschaftliche Problemstellungen;
- Darstellung der ökonomischen Effizienzkriterien Produktivität, Kostenwirtschaftlichkeit und Wirtschaftlichkeit;

- Techniken zur Analyse und Verbesserung der ökonomischen Effizienz und Organisation: Zero-Base-Budgeting, Gemeinkostenwertanalyse, Nutzwertanalyse etc.

Informationswirtschaft und Logistik:

- Grundlagen der Informations- und Kommunikationstheorie;
- Grundzüge der betriebswirtschaftlichen Logistik;
- Darstellung von elementaren Modellen der Daten- und Büroorganisation;
- Arten, Aufbau und Eigenschaften von Hard- und Software zur Unterstützung der Leistungserstellung in Organisationen.

Recht I, II und III

Prof. Ullrich (WOW)

1. Privates Wirtschaftsrecht (Wettbewerbsordnung):

Gegenstand der Lehrveranstaltung ist das Wettbewerbsrecht, insbesondere das Kartellrecht (Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen). Die Behandlung dieses Teilgebiets des Wirtschaftsrechts zeigt die Zusammenhänge zwischen volkswirtschaftlichen Einzelentscheidungen und Wirtschaftsgesetzen und schärft den Blick für die Lösung des Konflikts zwischen individuellem Gewinnstreben und Gemeinwohl durch die gesetzliche Ordnung des Marktes. Der Studierende soll lernen, die in privaten und öffentlichen Unternehmen zu treffenden wirtschaftlichen Entscheidungen anhand solcher gesetzlichen Regeln zu beurteilen, die im Interesse der einzelnen Gewerbetreibenden wie der Allgemeinheit den fairen und freien Wettbewerb gegen Mißbräuche durch unlautere Handlungen und gegen Beschränkungen durch die Unternehmen schützen.

Behandelt werden insbesondere horizontale Wettbewerbsbeschränkungen (Kartelle), vertikale Wettbewerbsabsprachen (Zuliefer- und Vertriebsverbindungen) und einseitige Wettbewerbsbeschränkungen (Diskriminierungen).

Literatur und Studienhilfen:

Gesetzestexte: Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen, Gesetz gegen unlauteren Wettbewerb (dtv-Texte). Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben.

2. Privatrecht:

Die Vorlesung führt in das zivilrechtliche Denken und die Systematik des Bürgerlichen Gesetzbuches ein. Neben den allgemeinen Anspruchs- und Haftungsgrundlagen aus Vertrag und Delikt sowie den Haftungsmaßstäben werden die Ordnungsgrundsätze des Privatrechts (natürliche und juristische Person; Verbandsrecht), insbesondere des Vertragsrechts (Vertragsautonomie, zwingendes Recht, Kontrahierungszwang, anstößige und verbotene Verträge, Drittwirkung von Grundrechten) behandelt.

Literatur und Studienhilfen:

Gesetzestexte: Bürgerliches Gesetzbuch und Nebengesetze (dtv). Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben.

3. Arbeitsrecht:

Die Vorlesung führt in die privatrechtlichen Grundlagen der Arbeitsmarktordnung im Kollektivarbeitsrecht (Tarifvertrag und Arbeitskampf, Betriebsverfassung und Unternehmensmitbestimmung) und Individualarbeitsrecht (Begründung, Durchführung und Beendigung eines Arbeitsverhältnisses) ein. Der Schwerpunkt liegt im Individualarbeitsrecht und der Erläuterung der arbeitsrechtlichen Besonderheiten abhängiger Dienstleistungsverhältnisse (Begriff des Arbeitsverhältnisses, Schutz- und Fürsorgepflichten des Arbeitgebers, Direktionsrecht, Gleichbehandlung, Treuepflichten des Arbeitnehmers).

Literatur und Studienhilfen:

Gesetzestexte: Arbeitsgesetze (dtv-Text). Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben.

4. Patent und Arbeitnehmererfinderrecht:

Einführung in das System der gewerblichen Ausschließlichkeitsrechte für technische Leistungen (Patent- und Gebrauchsmusterrecht, Sonderschutzrechte - Software, Halbleitermasken- , sklavische Nachahmung) und ihre volkswirtschaftlichen Grundlagen (Informations- und Innovationsfunktion in einer Wettbewerbsordnung). Im Patentrecht insbesondere werden Erfindungsvoraussetzungen (Erfindungsbegriff, Neuheit, Erfindungshöhe) und -verfahren (Anmeldung, Prüfung, Einspruch und Erteilung), der Schutzzumfang des Patentes und die Patentverletzungsansprüche (Unterlassung, Schadensersatz; Erschöpfungslehre), die Patentverwertung (Übertragung und Lizenz) sowie die Beendigung des Patentschutzes (Fristablauf, Nichtigerklärung) behandelt. Für das Arbeitnehmererfinderrecht stehen die Regeln über die Inanspruchnahme der Erfindung durch den Arbeitgeber und die Vergütung im Vordergrund.

Literatur und Studienhilfen:

Gesetzestexte: Patentgesetz, Gebrauchsmustergesetz, Gesetz über Arbeitnehmererfindungen, Münchener Übereinkommen über ein europäisches Patenterteilungsverfahren (dtv-Texte). Weitere Literaturangaben erfolgen in der Vorlesung.

5. Examinatorium Privatrecht und Technik:

Das Examinatorium dient der Vertiefung der Vorlesungen und der praktischen Anwendung des Lernstoffes. Behandelt werden die Rechtsgebiete zu 1. - 4. Im Privatrecht wird insbesondere auf den Werkvertrag über technische Leistungen (Leistungsspezifikation und Mängelhaftung) und die Deliktshaftung für fehlerhafte Produkte (Produzentenhaftung, Funktion technischer Normen) eingegangen.