

Universität Stuttgart

Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt

Professor Dr.-Ing. B. Weigand

Pfaffenwaldring 31

D - 70569 Stuttgart



Tel.: +49 (0) 711/685-63590

Fax: +49 (0) 711/685-62317

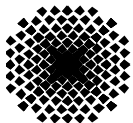
Mail: [itlr@itlr.uni-stuttgart.de](mailto:itlr@itlr.uni-stuttgart.de)

Internet: [www.uni-stuttgart.de/itlr/](http://www.uni-stuttgart.de/itlr/)

# Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt

---

<b>Gegründet durch:</b>	Prof. Fran Bosnjakovic, 1961
<b>Lehre:</b>	Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt
<b>Forschung</b>	Wärme- und Stoffübertragung Tropfendynamik Überschallverbrennung Aerothermodynamik, Stoßwellen Optische Messverfahren
<b>Personal:</b>	2 Professoren (B. Weigand, J. von Wolfersdorf) ca. 35 Wissenschaftliche Mitarbeiter ca. 11 Mitarbeiter Technisches Personal, Verwaltungspersonal und 10 Lehrlinge



# Wahl der Vertiefungsfächer

---

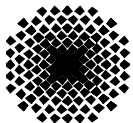
Jeweils ein Fach aus einer der beiden Gruppen ist zu wählen

## Gruppe 1

- Statik und Dynamik
- Strömungslehre
- **Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt**
- Flugmechanik und Regelungstechnik

## Gruppe 2

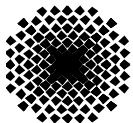
- Flugzeugbau und Leichtbau
- Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen
- Raumfahrtsysteme
- Raumfahrtanwendung
- Datenverarbeitung
- Luftfahrtsysteme



# Vertiefungsfach „Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt“

---

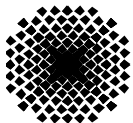
7. Semester:	V	S	Ü
• Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme	2	1	0
• Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I	2	0	0
• Moderne Messverfahren der Thermodynamik I	2	0	0
• Selected Problems of Heat and Mass Transfer	2	1	0
• Dimensionsanalyse	3	0	0
• Projektorientiertes Praktikum	0	2	0
• Einf. in die Quantenmechanik und Spektroskopie	2	0	0
• Thermodynamik der Gemische	2	0	0
• Messverfahren des Wärmetransports	2	0	0



# Vertiefungsfach „Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt“

---

8. Semester:	V	S	Ü
• Spezielle Probleme der Wärmeübertragung	2	1	0
• Numerische Methoden der Thermodynamik	2	1	0
• Stoffübertragung und Verbrennung (Numerik)	2	1	0
• Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt II	1	0	0
• Projektorientiertes Praktikum	0	2	0
• Hochtemperatur-Messtechnik	2	1	0
• Wärmeübertragungsintensivierung	2	1	0
• Transsonic Flows with Internal Heat Addition	2	0	0
• Moderne Messverfahren in der Thermodynamik II	2	0	0
• Tropfendynamische Prozesse	2	0	0
• Reaktionskinetische Fragestellungen	2		
• Messverfahren des Wärmetransports	2	0	0

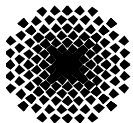


# „Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme“

---

Vortragender: B. Weigand

- Anwendungen der Theorie der partiellen Differentialgleichungen: Separation der Variablen, Integraltransformationen, Ähnlichkeitslösungen, Störungsrechnung
- Stationäre und instationäre Wärmeleitung
- Wärmeübertragung in Kanal- und Rohrströmungen
- Kompressible Strömungen
- Störungsrechnung

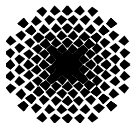


# „Spezielle Probleme der Wärmeübertragung“

---

Vortragender: S.O. Neumann

- Erhaltungsgleichungen
- Grenzschichtapproximationen
- Strömung und Wärmeübertragung in internen Strömungen (in Rohren, Kanälen)
- Wärmeübertragung bei laminaren Umströmungsproblemen: Einfluss des äußeren Druckgradienten
- Wärmeübertragung in kompressiblen laminaren Strömungen
- Turbulente Umströmungsprobleme
- Turbulenzmodelle

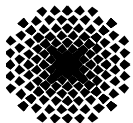


# „Wärmeübertragungsintensivierung“

---

Vortragender: J. von Wolfersdorf

- Gekühlte Gasturbinenbauteile, elektronische Bauteile und Wärmeübertrager
- Wärmeübertragungsintensivierung durch Oberflächenvergrößerung  
Rippenanordnungen, freie und erzwungene Konvektion
- Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten  
Strömung und Wärmeübergang in glatten, rauhen & berippten Kanälen  
Zylinderanordnungen im Querstrom, Drallströmungen und Prallkühlung
- Erhöhung des Wärmetransports – Wärmerohr
- Wärmeübertragungsintensivierung bei Siedevorgängen

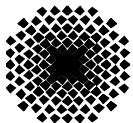


# „Numerische Methoden der Thermodynamik“

---

Vortragender: S.O. Neumann

- Numerische Berechnung von Zustandsänderungen in realen Gasen
- Berechnung von Kreisprozessen
- Verschiedene numerische Lösungsmethoden für instationäre Wärmeleitungsprobleme
- Wärmeübertragung in kompressiblen Grenzschichten mit Hilfe eines Grenzschichtprogramms

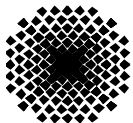


# „Stoffübertragung und Verbrennung (Numerik)“

---

Vortragender: P. Gerlinger

- Erhaltungsgleichungen für reaktive Strömungen
- Massen- und Energietransport durch Diffusion
- Transportkoeffizienten
- Räumliche Diskretisierung (finite Differenzen, finite Elemente)
- Steife Systeme von Differentialgleichungen
- Explizite und implizite zeitliche Diskretisierung steifer, nichtlinearer Differentialgleichungen und ihre Stabilität

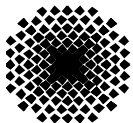


# „Selected Problems of Heat and Mass Transfer“

---

Vortragende: G. Lamanna

- Conservation equations
- Boundary layer assumptions (compressible and incompressible flows)
- Heat and mass transfer in internal and external flows (laminar, turbulent, incompressible, compressible)
- Turbulence (turbulence models: mixing length,  $k$ - $\varepsilon$ , Reynolds-stress models, models for heat and mass transfer)
- Film cooling

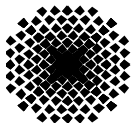


# „Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I“

---

Vortragender: R. Walther (MTU)

- Funktionsweise der Flugtriebwerks-Brennkammer und -Nachverbrennung
- Physikalisch-chemische Ursachen der Schadstoffbildung
- Primärmaßnahmen zur Schadstoffreduzierung
- Sekundärmaßnahmen zur Schadstoffreduzierung
- Atmosphärenwirkung luftfahrtbedingter Emissionen

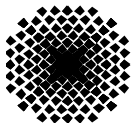


# „Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt II“

---

Vortragender: R. Walther (MTU)

- Aerothermodynamische Eigenschaften von Strömungen mit Wärmefreisetzung
- Strömungen mit Wärmefreisetzung am Beispiel der Staustrahlantriebe

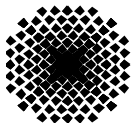


# „Moderne Messverfahren der Thermodynamik I“

---

Vortragende: N. Roth, Referenten aus der Industrie

- Strahlenoptik
- Wellenoptik
- Interferometrie
- Holographie
- Lichtstreuung an Partikeln
- Particle Image Velocimetry, LDA
- Messung von Partikeleigenschaften
- Thermochromic Liquid Crystals (TLC)

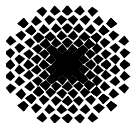


# „Moderne Messverfahren der Thermodynamik II“

---

Vortragende: N. Roth, G. Lamanna, J.v.Wolfersdorf + Referenten aus der Industrie

- Laserinduzierte Fluoreszenz, Lasertechnik
- Stossrohrtechnik
- Infrarot-Thermografie
- Drucksensitive Farben
- Ramanspektroskopie
- Hyperschallmesstechnik
- Massenstrommessung
- Massenspektrometrie
- Experimentelle Gasturbinenauslegung

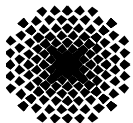


# „Dimensionsanalyse“

---

Vortragender: V. Simon (Isringhausen GmbH & Co. KG) - Blockvorlesung

- Bridgman-Postulat
- Pi-Theorem
- Beispiele  
(rotierender Zylinder, Widerstand eines umströmten Körpers, Schiffswellen, Tropfenbildung, Wärmeübertragung eines umströmten Körpers, Explosionen)
- Modelltheorie
- Strömungsmaschinen  
(Dampfturbine, Gasturbine, Hydraulische Maschinen)
- Ähnlichkeitslösungen  
(Temperaturverteilung im halbumendlichen Körper, natürliche Konvektion, turbulenter Freistrah)

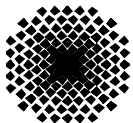


# „Hochtemperatur - Messtechnik “

---

Vortragender: R. Poser

- Grundlagen der Pyrometrie und Spektroskopie  
(Abbildungsoptik, Lichtempfänger, Vergleichsstrahler)
- Wärmestrahlung der Festkörper und Flüssigkeiten  
(Pseudotemperaturen, Methoden zur Temperaturbestimmung,  
Methoden zur Bestimmung des Emissionsgrades)
- Wärmestrahlung der Gase  
(Strahlungsemission ionisierter Gase, Abel-Inversion)

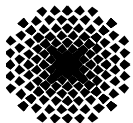


# „ Transonic Flows with Internal Heat Addition“

---

Vortragende: G. Lamanna

- Gas Dynamics of compressible flows with heat addition
- Non-equilibrium condensation
- Modelling of heat transfer processes between droplets/particles
- Examples: Flows in steam turbines
  - Rotor Stator interaction
  - Supersonic nozzle flows

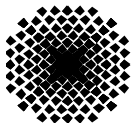


# „Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie“

---

Vortragender: A. Dreizler (TU Darmstadt)

- Elektromagnetische Wellen – was ist Licht?
- Grundlagen der Quantenmechanik – wo liegen die Unterschiede zur klassischen Mechanik?
- Aufbau der Materie – Verstehen des mikroskopischen Aufbaus von Atomen und Molekülen
- Wechselwirkung zwischen Licht und Materie – die Grundlage der Spektroskopie
- Einige spektroskopische Methoden
  - Resonante Prozesse
  - Nicht-resonante Prozesse
  - Nicht-lineare Effekte

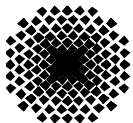


# „Tropfendynamische Prozesse“

---

Vortragender: N. Roth

- Grundlagen zur Tropfenbildung (Oberflächenspannung)
- Betrachtung verschiedener tropfendynamischer Prozesse unter analytischen, numerischen und experimentellen Gesichtspunkten
  - Tropfenschwingungen
  - Tropfenverdunstung
  - Tropfenkollisionen
  - Interaktionen Tropfen / Wand
- Durchführung exemplarischer numerischer Rechnungen
- Experimentelles Arbeiten an einfachem Beispiel
- Blockvorlesung über 3-4 Tage

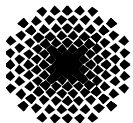


# „Reaktionskinetische Fragestellungen i. d. Luft- u. Raumfahrt“

---

Vortragender: U. Riedel

- Analyse experimenteller reaktionskinetischer Daten  
Experimentelle Techniken, Messung von Reaktionsgeschwindigkeiten
- Vertiefung der Reaktionskinetischen Grundbegriffe  
Zeitgesetze von Reaktionen, Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit, Rückreaktionen, Folgereaktionen, chemisches GG.
- Mathematische Analyse und Vereinfachung von Reaktionen und Reaktionsmechanismen  
Quasistationarität, partielle Gleichgewichte, Sensitivitätsanalyse, Reaktionsflussanalyse
- Mechanismen der Schadstoffbildung bei Verbrennungsprozessen  
Stickoxide, unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Ruß



Universität  
Stuttgart

Institut für Thermodynamik  
der Luft- und Raumfahrt

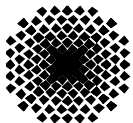


# „Thermodynamik der Gemische“

---

Vortragender: K. Meier

- Bedingungen für thermodynamisches Gleichgewicht
- Chemisches Potenzial
- Mischungsgrößen
- Fugazitätskoeffizientenansatz
- Zustandgleichungen für Gemische
- Aktivitätskoeffizientenansatz
- $G^E$ -Modelle
- Gibbs'sche Phasenregel, Phasendiagramme
- Phasengleichgewichtsberechnung
- Berechnung von Reaktionsgleichgewichten

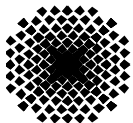


# „Messverfahren des Wärmetransports“

---

Vortragender: R. Poser

- **Grundlagen** zu Wärmetransport, Wärmeübergangskoeffizient, Erhaltungsgleichungen, dimensionslosen Kennzahlen
- Messprinzipien verschiedener **Temperaturmessverfahren**
  - z.B. Widerstandsthermometer (RTD), Thermoelemente (TC), Thermalfarben (TP), Temperatursensitive Farben (TSP), Thermochromatische Flüssigkristalle (TLC), Infrarotstrahlung (IR)
- Messprinzipien verschiedener **Wärmeleitfähigkeitsmessverfahren**
  - z.B. stationäre/instationäre Verfahren
- Messprinzipien verschiedener **Wärmestrommessverfahren**
  - z.B. Wand-Wärmestromsensoren, stationäre/instationäre Verfahren, Analogien
- Anwendbarkeit der Messverfahren in der **Praxis**
  - z.B. Modellbildung, Postprocessing, Fehlerbetrachtungen

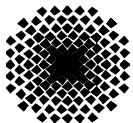


# „Wahlfach: Gewerbliche Schutzrechte“

---

Vortragender: A. Gleiss

- Patent
- Gebrauchsmuster
- Marke
- Geschmacksmuster
- Strategischer Einsatz von Schutzrechten
- Sondergebiete des gewerblichen Rechtsschutzes



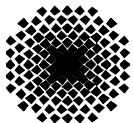
# „Wahlfach: Gasturbinenschaufelkühlung“

---

Vortragende: S. Dahlke, M. Händler, S.O. Neumann

- Aerodynamische Parameter und Schaufelgeometrie
- Kühlluftbedarfsauslegung und Nachrechnung
- Kopplung Thermodynamik-Struktur-Aerodynamik
- Schadenszenarien, Lebensdauer, Wirkungsgrad

Blockveranstaltung im SS 2012



Universität  
Stuttgart

Institut für Thermodynamik  
der Luft- und Raumfahrt

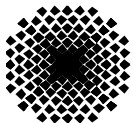


# „Wahlfach: Design & Nature“

---

Vortragender: R. Liebe

- Physical phenomena and solutions in nature are compared with those from engineering design.
- Focus is on fluid mechanics in order to understand mechanisms like swimming and flying beyond our current knowledge.
- Extract bioinspirations and utilize it for human applications.
- "Bionic Work Cycle" is proposed as a tool.



Universität  
Stuttgart

Institut für Thermodynamik  
der Luft- und Raumfahrt



# Arbeit im Vertiefungsfach

---

## Studienarbeit und Seminarvortrag

oder

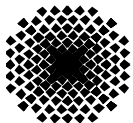
## Diplomarbeit

### Art der Arbeiten:

- theoretisch, numerisch, analytisch
- experimentell
- konstruktiv

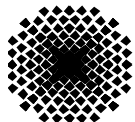
- Arbeiten sind eingebunden in Forschungsvorhaben des Instituts
- Arbeiten können grundlegender Natur sein, oder auch in Zusammenarbeit mit / für einen Industriepartner
- Externe Arbeiten bei Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen

**Bearbeitungsdauer: 6 Monate**

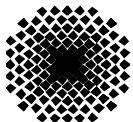


## Kooperationen und Studentenaustausch mit anderen Universitäten

Kooperationspartner	Land	Forschungsschwerpunkt	Bemerkungen
Professor B. Younis Davis University Kalifornien	USA	Turbulenzmodellierungen, Numerik, Reynolds Averaged Navier-Stokes Equations (RANS)	Studien-/Diplomarbeiten Visum NUMERIK
Professor J. Ferguson Boisie Idaho	USA	Wärmeübertragungsintensivierung, Frei Konvektion	Studien-/Diplomarbeiten Visum EXPERIMENTELL
Professor M.E. Crawford Austin University Texas	USA	Grenzschichtverfahren, Filmkühlung	Studien-/Diplomarbeiten Visum NUMERIK
Dr. P. Ott LTT, EPFL Lausanne	Schweiz	Gasturbinenschaufel-Kühlung, Filmkühlung	Studien-/Diplomarbeiten Visum EXPERIMENTELL
Dr. V. Adimurthy Vikram Sarabhai Space Centre Thiruvananthapuram	Indien	Genetische Algorithmen, Optimierung, Numerisch	Studien-/Diplomarbeiten Visum NUMERIK
Professor Z. Lipnicki Universität von Zielona Gora	Polen	Phasenänderungsprozesse (Erstarren/Schmelzen)	Studien-/Diplomarbeiten Visum EXPERIMENTELL/ANALYTISCH
Professor M. Davies Stokes laboratory Limerick	Irland	Entropiemessungen in Grenzschichten, Mikowärmeübertragung	Studien-/Diplomarbeiten EXPERIMENTELL
Professor Y. Kallinderis	Griechenland	3D CFD, Gittererzeugung	Studien-/Diplomarbeiten NUMERIK



<b>Professor T. Arts</b> Von Karman Institute Brüssel	Belgien	Turbomaschinen Turbinkühlung	Diplomkurse EXPERIMENTELL/NUMERIK
<b>Professor M. Cialkowski</b> Universität Poznan	Polen	Inverse Wärmeleitungsprobleme/ Wärmeübertragung	Studien-/Diplomarbeiten ANALYTISCH/NUMERISCH
<b>Professor H. Svendsen</b> NTNU Trondheim	Norwegen	Tropfendynamik	Studien-/Diplomarbeiten EXPERIMENTELL/NUMERIK
<b>Dr. G. Lavergne</b> ONERA Toulouse	Frankreich	Tropfendynamik / Optische Messverfahren	Studien-/Diplomarbeiten EXPERIMENTELL/NUMERIK
<b>Dr. M. Marengo</b> Universität Bergamo	Italien	Tropfendynamik / Optische Messverfahren	EXPERIMENTELL
<b>Dr. P. Massoli</b> Istituto Motori, Neapel	Italien	Optische Messverfahren	EXPERIMENTELL
<b>Dr. F. Ferri</b> Insubria University, Como	Italien	Optische Messverfahren	Studien-/Diplomarbeiten EXPERIMENTELL/THEORETISCH
<b>Professor B. Wyslouzil</b> Ohio State University	USA	Experimental studies on multicomponent condensation in supersonic flow	Studien-/Diplomarbeiten
<b>Professor M.E.H. van Dongen</b> Eindhoven University of Technology	Niederlande	Experimental studies on high pressure condensation phenomena	Studien-/Diplomarbeiten
<b>Professor H. Jeanmart</b> Universite catholique de Louvain	Belgien	Large Eddy Simulation	Studien-/Diplomarbeiten NUMERIK



# Prüfung im Vertiefungsfach Thermodynamik

---

## Schriftliche Prüfung (2 Fächer):

- Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme
- Numerische Methoden in der Thermodynamik
- Stoffübertragung und Verbrennung (Numerik)
- Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I + II
- Wärmeübertragungsintensivierung
- Dimensionsanalyse

Weigand (SS)	3 SWS
Neumann (WS)	3 SWS
Gerlinger (WS)	3 SWS
Walther (SS+WS)	3 SWS
v.Wolfersdorf (WS)	3 SWS
Simon (SS)	3 SWS

## Mündliche Prüfung (2 Fächer):

- Spezielle Probleme der Wärmeübertragung
- Moderne Messverfahren der Thermodynamik
- Weitere Messverfahren der Thermodynamik
- Projektorientiertes Praktikum
- Selected Problems in Heat and Mass Transfer
- Hochtemperatur-Messtechnik
- Transsonic Flows with Heat Addition
- Tropfendynamische Prozesse
- Messverfahren des Wärmetransports

ON, BW (WS)	3 SWS
Roth (SS)	2 SWS
Roth/von Wolf.	2 SWS
Roth (SS+WS)	2 SWS
GL, BW (SS)	3 SWS
Bauer (WS)	2 SWS
Lamanna (WS)	2 SWS
Roth (SS)	2 SWS
Poser (SS+WS)	2 SWS

Bei der Zusammenstellung der Vertiefungskomb. sind aus **beiden Gruppen** jeweils zwei Fächer zu wählen.

---

