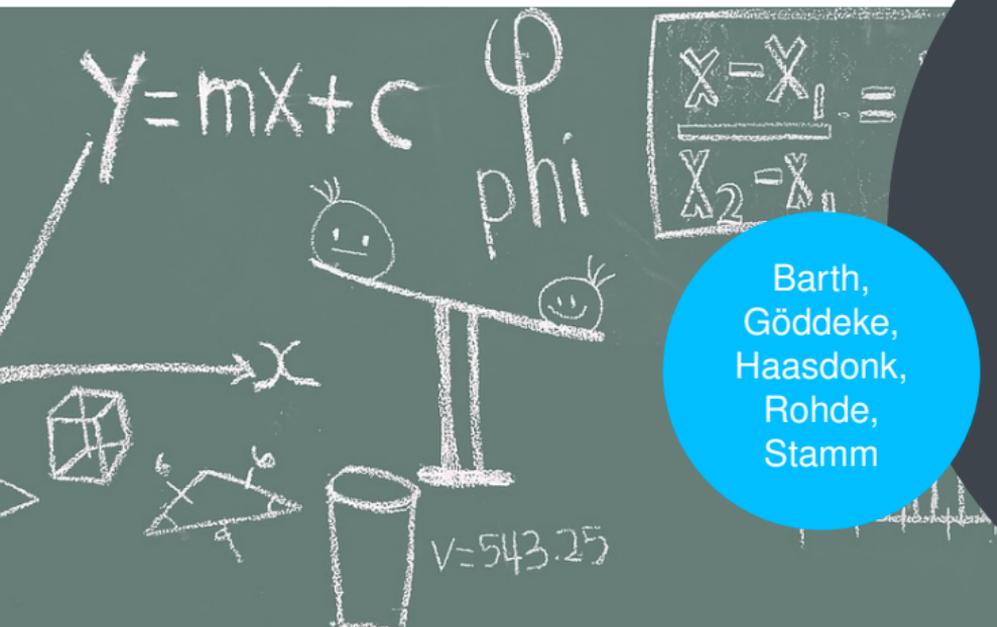




**Universität Stuttgart**

FB Mathematik und SC SimTech



Barth,  
Göddeke,  
Haasdonk,  
Rohde,  
Stamm

## Profillinie Numerik

Institut für Angewandte Analysis  
und Numerische Simulation

Sommersemester 2023

# Zusammenfassung dieser Profillinie

- Diese Profillinie richtet sich an Studierende, die sich in einem (eher) **angewandten Teilgebiet der Mathematik** spezialisieren wollen, und Spass an Modellierung, Simulation, Analyse und Implementierung verbunden mit (konkreten) Anwendungen aus den Ingenieurs-, Natur- und Lebenswissenschaften mitbringen. Gewünscht ist eine gewisse Neugier auf den Spagat zwischen „realen“ Problemen und der zugrundeliegenden Theorie.
- Die Profillinie wird vom **IANS** getragen. Sie soll und muss im Wahlbereich durch die Angebote anderer Institute erweitert werden.
- Gute Ergänzungsmodule finden sich in den Ingenieurs- und Naturwissenschaften („Anwendungsfach“) und/oder der Informatik (praktische Umsetzung).

# Professorinnen und Professoren

- Andrea Barth: Uncertainty Quantification und stochastische DGL
- Dominik Göttsche: Wissenschaftliches Rechnen und Parallele Numerik
- Bernard Haasdonk: Modellreduktion, Maschinelles Lernen
- Christian Rohde: Mathematische Modellierung, Analysis/Numerik für PDEs
- Benjamin Stamm: Numerische Analysis und Wissenschaftliches Rechnen



# Dozentinnen und Dozenten

- Claus-Justus Heine: Design und Implementierung adaptiver FEM Software
- Iryna Rybak: Modellierung und Numerik poröser Medien



# Pflicht- und Wahl-Kernmodule der Profillinie

Den Einstieg in (nicht nur) diese Profillinie bildet der **Programmierkurs**:

- **Mathematische Programmierung I+II** (für B.Sc.) sollte konsekutiv im ersten Studien- jahr besucht werden. Angeboten werden diese Veranstaltungen vom IANS.
- Neben einer fundierten Ausbildung in der Programmiersprache Python werden auch Datenvisualisierung und der Text- und Foliensatz mit  $\text{\LaTeX}$  behandelt.
- Der zweite Teil schließt mit einigen (größeren) Programmierprojekten, in denen die erworbenen Fähigkeiten vertieft werden.
- Programmieraufgaben sind essentieller Bestandteil des Numerik-Zyklus.

# Pflicht- und Wahl-Kernmodule der Profillinie

Die Profillinie basiert auf dem Pflichtmodul **Numerische Mathematik I** und den Wahl-Kernmodulen **Numerische Mathematik II** sowie **Numerik für Differentialgleichungen**.

- **Numerische Mathematik I und II** sind komplementär und können „prinzipiell“ im individuellen Studienverlauf getauscht oder sogar substituiert werden. Der Besuch beider Veranstaltungen wird für ein breites Grundlagenwissen und bei einer angestrebten Spezialisierung empfohlen. Alle behandelten Themen werden durch moderne Anwendungs- und Modellierungsbeispiele motiviert.
- Die Vorlesung **Numerik für Differentialgleichungen** ist die zentrale Grundlage für eine Bachelor- und Master-Vertiefung, und ist essentieller Teil der Profillinie.
- **(Pro-)Seminare** und **Computerpraktika** runden die Profillinie ab.

# Stellung im Studium

	1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester	5. Semester	6. Semester
3 LP	Lineare Algebra 1 9 LP	Lineare Algebra 2 9 LP	Numerik 1 9 LP	Numerik 2 9 LP	Numerik für Differentialgleichungen 9 LP	Wahl-Kernmodul 9 LP
6 LP						
9 LP						
12 LP	Analysis 1 9 LP	Analysis 2 9 LP	Analysis 3 9 LP	Maß- & Wahrscheinlichkeitstheorie 9 LP	Computerpraktikum 6 LP	Wahl-Kernmodul 9 LP
15 LP						
18 LP	Mathematische Programmierung 6 LP		Algebra / Wahl-Kernmodul 9 LP	Topologie / Wahl-Kernmodul 9 LP	Wahl-Kernmodul 9 LP	Bachelorarbeit 12 LP
21 LP						
24 LP	Wahl-Kernmodul / Ergänzung 9 LP	Wahl-Kernmodul / Ergänzung 9 LP	SQ 3 LP	Wissenschaftliches Arbeiten 6 LP		
27 LP						
30 LP						

Alle Module können unabhängig von der Profillinie gehört werden. Je nach angestrebter Vertiefung reicht es prinzipiell aus, eines der Wahlpflicht-Module „Algebra“ oder „Topologie“ zu besuchen. Besonders passende Möglichkeiten zur Kombination mit anderen Profillinien werden im Folgenden skizziert.

# Pflicht-Kernmodul Numerik I

Jeweils im Wintersemester (WS 23/24 B. Stamm)

## Inhalt

Numerische Behandlung von Grundproblemen aus der Analysis und Linearen Algebra:

- Direkte Löser für LGS: LR-Zerlegung mit Anwendungen und Pivotisierung, Cholesky-Zerlegung, Vektor- und Matrixnormen, Normäquivalenz, Störungstheorie für LGS
- Interpolation: Polynominterpolation, Hermite Interpolation, kubische Splines, Bezier- oder B-Spline-Kurven
- Numerische Integration: Newton-Cotes-, Gauß-Quadraturen
- Approximation (dozentenabhängig)

## Voraussetzungen

- Analysis I+II, Lineare Algebra I+II

# Wahl-Kernmodul Numerik II

Jeweils im Sommersemester (SS 24 B. Stamm)

## Inhalt

- Banachscher Fixpunktsatz und iterative Löser für lineare Gleichungssysteme
- CG-Verfahren, Optimierung und Krylov-Theorie
- Iterative Verfahren für Eigenwertprobleme
- Nichtlineare Gleichungssysteme und Newton-Verfahren
- Trigonometrische Interpolation und Fourier-Transformation

## Voraussetzungen

- Analysis I+II, Lineare Algebra I+II

# Wahl-Kernmodul Numerik für Differentialgleichungen

Jeweils im Wintersemester, (WS 23/24 A. Barth, voraussichtlich WS 24/25 B. Stamm)

## Inhalt

- Gewöhnliche Differentialgleichungen: Satz von Picard-Lindelöf, Euler- und Runge-Kutta Verfahren, Steifigkeit und Stabilität
- Finite Differenzen für Partielle Differentialgleichungen, M-Matrix-Theorie
- Schwache Lösungstheorie für elliptische PDE
- Lagrange Finite Elemente Verfahren für koerzive Probleme

## Voraussetzungen

- Analysis III, Numerik I und/oder II

# Module im ersten Studienjahr

- Analysis I+II
- Lineare Algebra und Analytische Geometrie I+II
- Empfehlung: Ergänzung durch 6LP-Module, entweder Anwendungsfach oder Informatik
- Mögliche Module aus den Ingenieurs-, Natur- und Lebenswissenschaften
  - Technische Mechanik I, II, III, Fluidmechanik I, II, Numerische Methoden in der Fluidmechanik, Höhere Mechanik II: Numerische Methoden in der Mechanik
- Mögliche Module aus der Informatik
  - Datenstrukturen und Algorithmen, Programmierung und Software Entwicklung, Machine Learning, Grundlagen des Wissenschaftlichen Rechnens, Imaging Science, Systemkonzepte und -programmierung
- Ernstzunehmende Alternative: Fokus auf die Basismodule, „Auffüllen“ der Leistungspunkte in höheren Semestern

# Empfehlungen für Kombination Numerik+Analysis

- 3. Semester
  - Analysis III, Numerik I, Algebra (und/oder im 4. Semester Topologie)
- 4. Semester
  - Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie, Numerik II, Höhere Analysis
- 5. Semester
  - Numerik für Differentialgleichungen, Funktionalanalysis, Computerpraktikum+Seminar
- 6. Semester
  - Bachelorarbeit, Partielle Differentialgleichungen I, freie Wahl

# Empfehlungen für Kombination Numerik+Stochastik

- 3. Semester
  - Analysis III, Numerik I, Algebra (und/oder im 4. Semester Topologie)
- 4. Semester
  - Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie, Numerik II, Höhere Analysis
- 5. Semester
  - Numerik für Differentialgleichungen, Funktionalanalysis oder Mathematische Statistik, Computerpraktikum+Seminar
- 6. Semester
  - Bachelorarbeit, Stochastische Prozesse I, freie Wahl

# Empfehlungen für Kombination Numerik+Dynamische Systeme/Optimierung

- 3. Semester
  - Analysis III, Numerik I, Einführung in die Optimierung
- 4. Semester
  - Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie oder Höhere Analysis, Numerik II, Topologie (und/oder im 3. Semester Algebra)
- 5. Semester
  - Numerik für Differentialgleichungen, Lineare Kontrolltheorie, Computerpraktikum+Seminar
- 6. Semester
  - Bachelorarbeit, Dynamische Systeme, freie Wahl

# Empfehlungen für eine Dreierkombination

- 3. Semester
  - Analysis III, Numerik I, Algebra (und/oder im 4. Semester Topologie)
- 4. Semester
  - Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie, Numerik II, Höhere Analysis
- 5. Semester
  - Numerik für Differentialgleichungen, Funktionalanalysis, Computerpraktikum+Seminar und Einführung in die Optimierung
- 6. Semester
  - Bachelorarbeit, Stochastische Prozesse I, freie Wahl

# Ausblick: Master-Module

## Konzeption

- VLen bauen minimal aufeinander auf, auch einzeln hörbar
- Minimalvoraussetzung Numerik 1 oder 2, und NUMDGL
- Gerne bei Dozenten nachfragen!

## Einführung in die Numerik Partieller Differentialgleichungen (jeden Winter)

- Hilfreich: Teile des IADM-Zyklus
- WS23/24 C. Rohde

# Ausblick: Master-Module

## Weiterführende Numerik Partieller Differentialgleichungen (i.d.R. Sommer)

- Dozentenabhängige Schwerpunkte und Voraussetzungen
- SS24 Rohde

## Spezielle Aspekte der Numerik (jeden Winter)

- Wechselnde aktuelle Forschungsthemen je nach Dozent
- Möglicher Einstieg in eine Masterarbeit
- WS23/24 Haasdonk (Kernel Methods)
- SS24: Haasdonk (Model Reduction with Reduced Basis Methods)