

Das Nebenfach Mathematik im Informatik-Studium

Wahlpflicht- und Nebenfächer im Studienfach Informatik

Martin Gugat

Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Department of Data Science

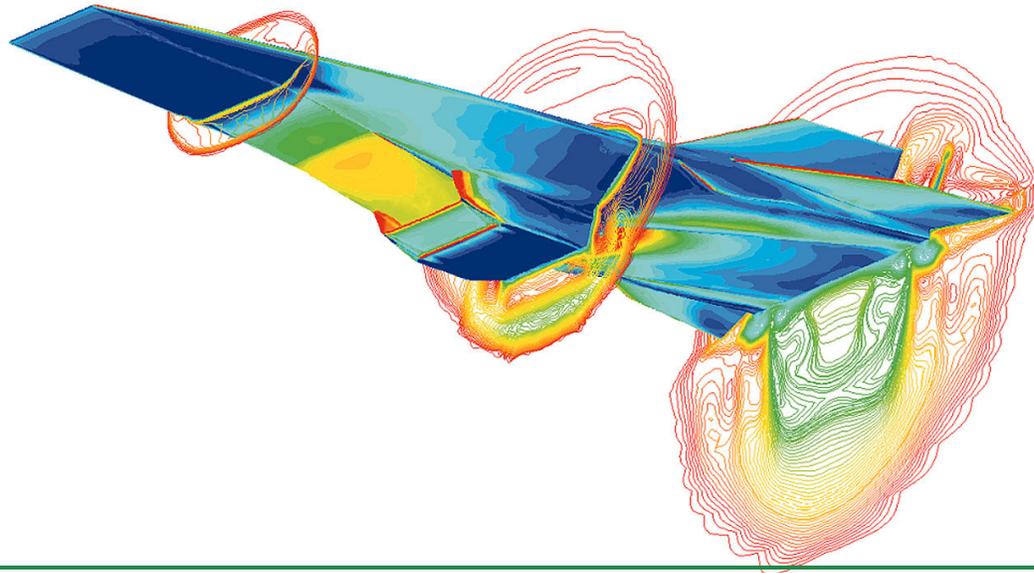
May 25, 2022, 16:00



- Die rigorose Analyse von Algorithmen erfordert *mathematische Beweismethoden!*
Man *beweist* unter präzisen Voraussetzungen,
dass Algorithmen in einem definierten Sinn funktionieren!



- Die rigorose Analyse von Algorithmen erfordert *mathematische Beweismethoden!*
Man *beweist* unter präzisen Voraussetzungen, dass Algorithmen in einem definierten Sinn funktionieren!
- Numerische Simulationen komplexer Systeme erfordern *intelligente Implementierungen* beweisbar konvergenter Verfahren.



Cauerstraße 11

- Department Mathematik: *Angewandte* und *Theoretische Mathematik*

Cauerstraße 11

- Department Mathematik: *Angewandte* und *Theoretische Mathematik*
- Department of Data Science

Mathematik ist bereits Bestandteil des Studiums:
Mathematik für Ingenieure **C1–C4**.

Dies liefert wesentliche Grundlagen,
aber viele Themen werden dort
nur kurz oder gar nicht behandelt.

Im Informatik-Studium müssen für das Nebenfach Module im Umfang von

15 ECTS

enthalten sein!

Im Folgenden gebe ich einen Überblick über einige geeignete Module.

Die Themengebiete sind aus den Bereichen

- Numerische Mathematik
- Optimierung
- Analysis
- Algebra.

Eine Liste findet man unter

<https://www.math.fau.de/studium/im-studium/mathematik-im-nebenfach/informatik/>

Einführung in die Numerik:

Wie löst man $F(x) = 0$ algorithmisch?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Einführung in die Numerik	Winter	4	7
UEB	Übungen und Rechnerübung dazu	Winter	3	3

Einführung in die Numerik:

Wie löst man $F(x) = 0$ algorithmisch?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Einführung in die Numerik	Winter	4	7
UEB	Übungen und Rechnerübung dazu	Winter	3	3

- **Fehleranalyse** (Gleitpunktdarstellung, Rundung, Fehlerfortpflanzung, Kondition, Gutartigkeit)

Einführung in die Numerik:

Wie löst man $F(x) = 0$ algorithmisch?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Einführung in die Numerik	Winter	4	7
UEB	Übungen und Rechnerübung dazu	Winter	3	3

- **Fehleranalyse** (Gleitpunktdarstellung, Rundung, Fehlerfortpflanzung, Kondition, Gutartigkeit)
- **Polynominterpolation** (Dividierte Differenzen, Interpolationsfehler)

Einführung in die Numerik:

Wie löst man $F(x) = 0$ algorithmisch?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Einführung in die Numerik	Winter	4	7
UEB	Übungen und Rechnerübung dazu	Winter	3	3

- **Fehleranalyse** (Gleitpunktdarstellung, Rundung, Fehlerfortpflanzung, Kondition, Gutartigkeit)
- **Polynominterpolation** (Dividierte Differenzen, Interpolationsfehler)
- **Asymptotische Entwicklungen und Extrapolation** (Richardson-Extrapolation)

Einführung in die Numerik:

Wie löst man $F(x) = 0$ algorithmisch?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Einführung in die Numerik	Winter	4	7
UEB	Übungen und Rechnerübung dazu	Winter	3	3

- **Fehleranalyse** (Gleitpunktdarstellung, Rundung, Fehlerfortpflanzung, Kondition, Gutartigkeit)
- **Polynominterpolation** (Dividierte Differenzen, Interpolationsfehler)
- **Asymptotische Entwicklungen und Extrapolation** (Richardson-Extrapolation)
- **Numerische Integration** (Newton-Cotes-Formel, Romberg-Integration, Gaußsche Integration)

Einführung in die Numerik:

Wie löst man $F(x) = 0$ algorithmisch?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Einführung in die Numerik	Winter	4	7
UEB	Übungen und Rechnerübung dazu	Winter	3	3

- **Fehleranalyse** (Gleitpunktdarstellung, Rundung, Fehlerfortpflanzung, Kondition, Gutartigkeit)
- **Polynominterpolation** (Dividierte Differenzen, Interpolationsfehler)
- **Asymptotische Entwicklungen und Extrapolation** (Richardson-Extrapolation)
- **Numerische Integration** (Newton-Cotes-Formel, Romberg-Integration, Gaußsche Integration)
- **Lineare Gleichungssysteme** (Gaußscher Algorithmus, LR-Zerlegung, Cholesky-Zerlegung, Matrixnormen, Fehlerabschätzungen)

Einführung in die Numerik:

Wie löst man $F(x) = 0$ algorithmisch?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Einführung in die Numerik	Winter	4	7
UEB	Übungen und Rechnerübung dazu	Winter	3	3

- **Fehleranalyse** (Gleitpunktdarstellung, Rundung, Fehlerfortpflanzung, Kondition, Gutartigkeit)
- **Polynominterpolation** (Dividierte Differenzen, Interpolationsfehler)
- **Asymptotische Entwicklungen und Extrapolation** (Richardson-Extrapolation)
- **Numerische Integration** (Newton-Cotes-Formel, Romberg-Integration, Gaußsche Integration)
- **Lineare Gleichungssysteme** (Gaußscher Algorithmus, LR-Zerlegung, Cholesky-Zerlegung, Matrixnormen, Fehlerabschätzungen)
- **Nichtlineare Gleichungssysteme** (Fixpunktsätze, Konvergenzordnung, iterative Verfahren, Newton-Verfahren),

Einführung in die Numerik:

Wie löst man $F(x) = 0$ algorithmisch?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Einführung in die Numerik	Winter	4	7
UEB	Übungen und Rechnerübung dazu	Winter	3	3

- **Fehleranalyse** (Gleitpunktdarstellung, Rundung, Fehlerfortpflanzung, Kondition, Gutartigkeit)
- **Polynominterpolation** (Dividierte Differenzen, Interpolationsfehler)
- **Asymptotische Entwicklungen und Extrapolation** (Richardson-Extrapolation)
- **Numerische Integration** (Newton-Cotes-Formel, Romberg-Integration, Gaußsche Integration)
- **Lineare Gleichungssysteme** (Gaußscher Algorithmus, LR-Zerlegung, Cholesky-Zerlegung, Matrixnormen, Fehlerabschätzungen)
- **Nichtlineare Gleichungssysteme** (Fixpunktsätze, Konvergenzordnung, iterative Verfahren, Newton-Verfahren),
- **Lineare Ausgleichsrechnung**

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Einführung in die Numerik(=Numerische Mathematik)	Winter	4	10
UEB	Übungen und Rechnerübung zur Einführung in die Numerische Mathematik	Winter	3	

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL	Numerik I für Ingenieure	Winter	2	5
UEB	Übungen zur Numerik I für Ingenieure	Winter	2	

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL	Numerik II für Ingenieure	Sommer	2	5
UEB	Übungen zur Numerik I für Ingenieure	Sommer	2	

Nichtlineare Optimierung

Wie löst man das Optimierungsproblem

$\min f(x)$ mit der Restriktion $g(x) \leq 0$?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Nichtlineare Optimierung	Winter	4+2	7+3

$\min f(x)$ mit der Restriktion $g(x) \leq 0$?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Nichtlineare Optimierung	Winter	4+2	7+3

- **Optimalitätsbedingungen**

Nichtlineare Optimierung

Wie löst man das Optimierungsproblem

$\min f(x)$ mit der Restriktion $g(x) \leq 0$?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Nichtlineare Optimierung	Winter	4+2	7+3

- **Optimalitätsbedingungen**
- **Konvexe Optimierung** (konvexe Funktionen, Optimalitätsbedingungen),

$\min f(x)$ mit der Restriktion $g(x) \leq 0$?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Nichtlineare Optimierung	Winter	4+2	7+3

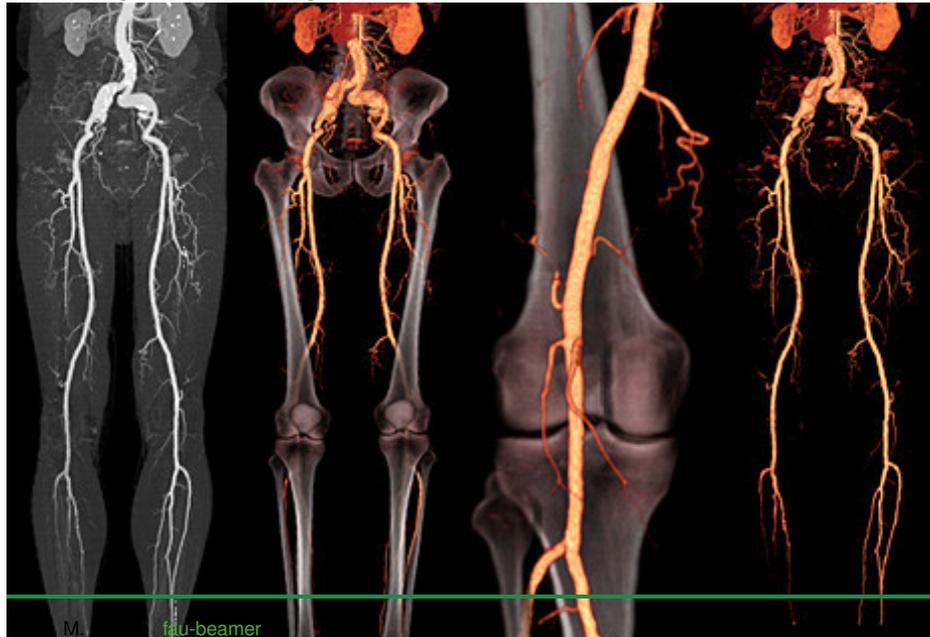
- **Optimalitätsbedingungen**
- **Konvexe Optimierung** (konvexe Funktionen, Optimalitätsbedingungen),
- **Abstiegsverfahren**

$\min f(x)$ mit der Restriktion $g(x) \leq 0$?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Nichtlineare Optimierung	Winter	4+2	7+3

- **Optimalitätsbedingungen**
- **Konvexe Optimierung** (konvexe Funktionen, Optimalitätsbedingungen),
- **Abstiegsverfahren**

Die Optimierungsverfahren verwendet man zum Beispiel in der *Bildverarbeitung*.



Auf Englisch!

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VOR	Optimierung für Ingenieure	Sommer	3	7,5
UEB	Übungen zur Optimierung für Ingenieure	Sommer	1	

Gewöhnliche Differentialgleichungen

Wie löst man $y(0) = y_0, \partial_t y = A y$ (Anfangswertproblem)?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Gewöhnliche Differentialgleichungen	Sommer	4+2	10

$$f'(x) = \frac{\theta f(x) + z f(x)^3}{1 - a^2 f(x)^2}$$

Gewöhnliche Differentialgleichungen

Wie löst man $y(0) = y_0, \partial_t y = A y$ (Anfangswertproblem)?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Gewöhnliche Differentialgleichungen	Sommer	4+2	10

- **Typen** von Differentialgleichungen und elementare Lösungsmethoden

$$f'(x) = \frac{\theta f(x) + z f(x)^3}{1 - a^2 f(x)^2}$$

Gewöhnliche Differentialgleichungen

Wie löst man $y(0) = y_0, \partial_t y = A y$ (Anfangswertproblem)?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Gewöhnliche Differentialgleichungen	Sommer	4+2	10

- **Typen** von Differentialgleichungen und elementare Lösungsmethoden
- **Existenz-, Eindeutigkeits- und Stetigkeitssätze** für das Anfangswertproblem

$$f'(x) = \frac{\theta f(x) + z f(x)^3}{1 - a^2 f(x)^2}$$

Gewöhnliche Differentialgleichungen

Wie löst man $y(0) = y_0, \partial_t y = A y$ (Anfangswertproblem)?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Gewöhnliche Differentialgleichungen	Sommer	4+2	10

- **Typen** von Differentialgleichungen und elementare Lösungsmethoden
- **Existenz-, Eindeutigkeits- und Stetigkeitssätze** für das Anfangswertproblem
- **Differentialungleichungen** (Lemma von Gronwall)

$$f'(x) = \frac{\theta f(x) + z f(x)^3}{1 - a^2 f(x)^2}$$

Gewöhnliche Differentialgleichungen

Wie löst man $y(0) = y_0, \partial_t y = A y$ (Anfangswertproblem)?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Gewöhnliche Differentialgleichungen	Sommer	4+2	10

- **Typen** von Differentialgleichungen und elementare Lösungsmethoden
- **Existenz-, Eindeutigkeits- und Stetigkeitssätze** für das Anfangswertproblem
- **Differentialungleichungen** (Lemma von Gronwall)
- **Fortsetzung** von Lösungen - lineare und gestörte lineare Systeme

$$f'(x) = \frac{\theta f(x) + z f(x)^3}{1 - a^2 f(x)^2}$$

Gewöhnliche Differentialgleichungen

Wie löst man $y(0) = y_0, \partial_t y = A y$ (Anfangswertproblem)?

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Gewöhnliche Differentialgleichungen	Sommer	4+2	10

- **Typen** von Differentialgleichungen und elementare Lösungsmethoden
- **Existenz-, Eindeutigkeits- und Stetigkeitssätze** für das Anfangswertproblem
- **Differentialungleichungen** (Lemma von Gronwall)
- **Fortsetzung** von Lösungen - lineare und gestörte lineare Systeme
- **Stabilität**

$$f'(x) = \frac{\theta f(x) + z f(x)^3}{1 - a^2 f(x)^2}$$

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Diskretisierung und numerische Optimierung	Sommer	4+3	5+2,5

Kann man als Fortsetzung der Einführung in die Numerik hören

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Diskretisierung und numerische Optimierung	Sommer	4+3	5+2,5

Kann man als Fortsetzung der Einführung in die Numerik hören

- **Teil 1: Diskretisierung** Ein- und Mehrschrittverfahren für Anfangswertaufgaben gewöhnlicher *Differentialgleichungen*: - explizite und implizite Runge-Kutta-Verfahren, BDF, Extrapolation - asymptotische Stabilität (Nullstabilität), Konsistenz, Konvergenz - Steifheit und Stabilität bei fester Schrittweite - (Schrittweiten- und Ordnungsadaptivität) Randwertaufgaben für gewöhnliche *Differentialgleichungen*: - Einführung in Finite-Element-Verfahren

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Diskretisierung und numerische Optimierung	Sommer	4+3	5+2,5

Kann man als Fortsetzung der Einführung in die Numerik hören

- **Teil 1: Diskretisierung** Ein- und Mehrschrittverfahren für Anfangswertaufgaben gewöhnlicher *Differentialgleichungen*: - explizite und implizite Runge-Kutta-Verfahren, BDF, Extrapolation - asymptotische Stabilität (Nullstabilität), Konsistenz, Konvergenz - Steifheit und Stabilität bei fester Schrittweite - (Schrittweiten- und Ordnungsadaptivität) Randwertaufgaben für gewöhnliche *Differentialgleichungen*: - Einführung in Finite-Element-Verfahren
- **Teil 2: Unrestringierte Optimierung** - Abstiegsverfahren - CG-Verfahren (mit Vorkonditionierung, CG-Newton) - Quadratische Optimierungsprobleme - Penalty- und Barriereverfahren

Wie analysiert man lineare Probleme (zum Beispiel Randwertprobleme oder Anfangsrandwertprobleme) abstrakt?

'Unendlichdimensionale Lineare Algebra'

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Funktionalanalysis	Sommer	4+2	10

Wie analysiert man lineare Probleme (zum Beispiel Randwertprobleme oder Anfangsrandwertprobleme) abstrakt?

'Unendlichdimensionale Lineare Algebra'

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Funktionalanalysis	Sommer	4+2	10

- Hilbert- und Banach-Räume

Wie analysiert man lineare Probleme (zum Beispiel Randwertprobleme oder Anfangsrandwertprobleme) abstrakt?

'Unendlichdimensionale Lineare Algebra'

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Funktionalanalysis	Sommer	4+2	10

- Hilbert- und Banach-Räume
- Sobolev-Räume

Wie analysiert man lineare Probleme (zum Beispiel Randwertprobleme oder Anfangsrandwertprobleme) abstrakt?

'Unendlichdimensionale Lineare Algebra'

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Funktionalanalysis	Sommer	4+2	10

- Hilbert- und Banach-Räume
- Sobolev-Räume
- Lineare Operatoren

Wie analysiert man lineare Probleme (zum Beispiel Randwertprobleme oder Anfangsrandwertprobleme) abstrakt?

'Unendlichdimensionale Lineare Algebra'

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Funktionalanalysis	Sommer	4+2	10

- Hilbert- und Banach-Räume
- Sobolev-Räume
- Lineare Operatoren
- Lineare Funktionale und der Satz von Hahn-Banach

Wie analysiert man lineare Probleme (zum Beispiel Randwertprobleme oder Anfangsrandwertprobleme) abstrakt?

'Unendlichdimensionale Lineare Algebra'

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Funktionalanalysis	Sommer	4+2	10

- Hilbert- und Banach-Räume
- Sobolev-Räume
- Lineare Operatoren
- Lineare Funktionale und der Satz von Hahn-Banach
- Kompakte Operatoren

Wie analysiert man lineare Probleme (zum Beispiel Randwertprobleme oder Anfangsrandwertprobleme) abstrakt?

'Unendlichdimensionale Lineare Algebra'

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Funktionalanalysis	Sommer	4+2	10

- Hilbert- und Banach-Räume
- Sobolev-Räume
- Lineare Operatoren
- Lineare Funktionale und der Satz von Hahn-Banach
- Kompakte Operatoren
- Lösbarkeit linearer Gleichungen (inklusive Fredholm'sche Alternative)

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Lineare und kombinatorische Optimierung	Winter	4+2	7 + 3

Diskrete Optimierung:

*Entscheidungsvariablen können nur **endlich viele** Werte annehmen.*

Typ	Titel im UnivIS	Semester	SWS	ECTS
VORL+ UEB	Algebra	Winter	4+2+1	7+ 3

Algebraische Strukturen: Gruppen, Ringe, Körper, ...

Weitere Module finden Sie in der Liste der Lehreinheit.

Es wird empfohlen, mit den Dozentinnen/Dozenten Rücksprache zu halten.

Beispiele

5 ECTS Winter + 10 ECTS Sommer

- Winter(5.) Numerik I für Ingenieure (5ECTS)
- Sommer(6.) Gewöhnliche Differentialgleichungen (10ECTS)

5 ECTS Winter + 10 ECTS Sommer

- Winter(5.) Numerik I für Ingenieure (5ECTS)
- Sommer(6.) Numerik II für Ingenieure (5ECTS) und Robuste Optimierung (nicht vertieft) (5ECTS)

10 ECTS Winter + 5 ECTS Sommer

- Winter(5.) Einführung in die Numerik (10ECTS)
- Sommer(6.) Optimierung für Ingenieure (7,5ECTS)

Weitere Module aus der Liste sind:

1. VORL mit UE * **Funktionentheorie** * Sommer * 2+2 * 5
2. VORL mit UE * **Partielle Differentialgleichungen I** * Winter * 4+2 * 10
3. VORL mit UE * **Diskrete Optimierung I** * Winter * 2+1 * 5
4. VORL mit UE * **Diskrete Optimierung II** * Sommer * 4+2 * 10
5. VORL mit UE * **Numerical Aspects of Linear and Integer Programming** * Sommer * 2+1 * 5
6. VORL mit UE * **Optimierung in Industrie und Wirtschaft** * Winter * 2+1 * 5

Studienberater Mathematik

Prof. Dr. Christoph Richard

Department Mathematik

Cauerstr. 11, Zimmer 02.335

richard@mi.uni-erlangen.de