# ANALYSIS I

Kurzbeschreibung: Einführung in die Grundlagen der Analysis

Inhalt:

* Reelle und komplexe Zahlen
* Grenzwerte
* Folgen
* Reihen
* Potenzreihen
* stetige Abbildungen
* Differential- und Integralrechnung einer Variablen
* Einführung in gewöhnliche Differentialgleichungen

# ANALYSIS II

Kurzbeschreibung: Einführung in die mehrdimensionale Differential- und Integralrechung.

Inhalt:

* Differenzierbare Abbildungen
* Maxima und Minima
* der Satz über implizite Funktionen
* mehrfache Integrale
* Integration über Untermannigfaltigkeiten
* die Sätze von Gauss und Stokes

# ANALYSIS III

Kurzbeschreibung: In this lecture we treat problems in applied analysis. The focus lies on the solution of quasilinear first order PDEs with the method of characteristics, and on the study of three fundamental types of partial differential equations of second order.

Inhalt:

General introduction to PDEs and their classification

* linear
* quasilinear
* semilinear
* nonlinear
* elliptic
* parabolic
* hyperbolic

Quasilinear first order PDEs

* Solution with the method of characteristics
* Conservation laws

Hyperbolic PDEs

* wave equation
* d'Alembert formula in (1+1)-dimensions
* method of separation of variables

Parabolic PDEs

* heat equation
* maximum principle
* method of separation of variables

Elliptic PDEs

* Laplace equation
* maximum principle
* method of separation of variables
* variational method

# PHYSIK I

Kurzbeschreibung: Einführung in die Denk- und Arbeitsweise in der Physik unter Zuhilfenahme von Demonstrationsexperimenten.

Inhalt:

Mechanik

* Bewegung
* Newtonsche Axiome
* Arbeit und Energie
* Impulserhaltung
* Drehbewegungen
* Gravitation
* deformierbare Körper

Schwingungen und Wellen

* Schwingungen
* mechanische Wellen
* Akustik

# PHYSIK II

Kurzbeschreibung: Einführung in die Denk- und Arbeitsweise in der Physik unter Zuhilfenahme von Demonstrationsexperimenten.

Inhalt:

* Elektrizität und Magnetismus
* Licht
* Einführung in die Moderne Physik

# KOMPLEXE ANALYSIS

Kurzbeschreibung: Erwerb von einigen grundlegenden Werkzeugen der komplexen Analysis, sowie Verständnis und Anwendung Fourier- und Laplacetransformationen.

Inhalt:

* Beispiele analytischer Funktionen
* Cauchyscher Integralsatz
* Taylor- und Laurententwicklungen
* Singularitäten analytischer Funktionen
* Residuenkalkül
* Fourierreihen und Fourier-Transformation
* Laplace-Transformation

# CHEMIE

Kurzbeschreibung: Einführung in die Chemie mit Aspekten aus der anorganischen, organischen und physikalischen Chemie.

Inhalt:

* Periodisches System der Elemente
* chemische Bindung (LCAO-MO)
* molekulare Struktur (VSEPR)
* Reaktionen
* Gleichgewicht
* chemische Kinetik
* Reaktionsordnung
* Geschwindigkeitsgesetz und -konstante

# DATENSTRUKTUREN UND ALGORITHMEN

Kurzbeschreibung: Der Kurs vermittelt die Grundlagen für den Entwurf und die Analyse von Algorithmen. Anhand klassischer Probleme werden gängige Datenstrukturen, Algorithmen und Paradigmen für den Algorithmenentwurf diskutiert. Der Kurs umfasst auch eine Einführung in die parallele und nebenläufige Programmierung und das Programmiermodell von C++ wird eingehend diskutiert.

Inhalt:

Mathematische Tools für die Analyse von Algorithmen

* asymptotisches Funktionenwachstum
* Rekursionsgleichungen
* Rekursionsbäume

informelle Beweise für die Korrektheit von Algorithmen

* Invarianten
* Codetransformation

Entwurfsparadigmen für die Entwicklung von Algorithmen

* Induktion
* Divide-and-Conquer
* Sweep-Line-Methode
* Backtracking
* dynamische Programmierung

klassische algorithmische Probleme

* Suche
* Auswahl
* Sortierung)
* Datenstrukturen für verschiedene Zwecke
* verkettete Listen
* Hash-Tabellen
* balancierte Suchbäume
* Quad-Trees
* Heaps
* Union-Find

weitere Tools für die Laufzeitanalyse (z.B. amortisierte Analyse)

Beziehung und enge Kopplung zwischen Algorithmen und Datenstrukturen wird anhand von geometrischen Problemen und Graphenalgorithmen illustriert.

* geometrischen Problemen
  + konvexe Hülle
  + Linienschnitte
  + dichteste Punktepaare
* Graphenalgorithmen
  + Traversierungen
  + topologische Sortierung
  + transitive Hülle
  + kürzeste Pfade
  + minimale Spannbäume
  + maximaler Fluss

Programmiermodell von C++

* korrekte und effiziente Speicherbehandlung
* generische Programmierung mit Templates
* funktionale Ansätze mit Funktoren und Lambda-Ausdrücken

Parallele Programmierung

* Konzepte der parallelen Programmierung
  + Amdahl/Gustavson
  + Task/Daten-Parallelität
  + Scheduling
* Probleme der Nebenläufigkeit
  + data races
  + bad interleavings
  + memory reordering

Prozess-Synchronisation und Kommunikation in einem Shared-Memory-System Mutual Exclusion

* Semaphoren
* Monitore
* Condition-Variablen
* Fortschrittsbedingungen
  + Deadlock-Freiheit
  + Starvation

# INFORMATIK

Kurzbeschreibung: Die Vorlesung bietet eine Einführung in das Programmieren mit einem Fokus auf systematischem algorithmischem Problemlösen. Lehrsprache ist C++.

Inhalt:

Einführung

* fundamentale Datentypen
* Ausdrücke und Anweisungen
* (Grenzen der) Computerarithmetik
* Kontrollanweisungen
* Funktionen
* Felder
* zusammengesetzte Strukturen
* Zeiger

Objektorientierung

* Klassen
* Vererbung
* Polymorphie
* dynamische Datentypen

# DISKRETE MATHEMATIK

Kurzbeschreibung: Ziel ist die Einführung in die wichtigsten Grundbegriffe der diskreten Mathematik, das Verständnis der Rolle von Abstraktion und Beweisen sowie die Auseinandersetzung mit Anwendungen, etwa aus der Kryptographie, Codierungstheorie und Algorithmentheorie.

Inhalt:

* Mathematisches Denken und Beweise
* Abstraktion
* Mengen
* Relationen (z.B. Äquivalenz- und Ordnungsrelationen)
* Funktionen
* (Un-)abzählbarkeit
* Zahlentheorie
* Algebra
* Gruppen
* Ringe
* Körper
* Polynome
* Unteralgebren
* Morphismen
* Logik
* Aussagen- und Prädikatenlogik
* Beweiskalküle

# LINEARE ALGEBRA

Kurzbeschreibung: Ziel ist der sichere Umgang mit grundlegenden Verfahren der linearen Algebra, insbesondere das Lösen linearer Gleichungssysteme, das Verständnis und die Anwendung von Vektor- und Matrixoperationen sowie die Nutzung von Zerlegungen, Eigenwertmethoden und linearen Abbildungen zur Analyse und Lösung mathematischer und technischer Probleme.

Inhalt:

* Lineare Gleichungssysteme, Matrizen, Gauss-Elimination, LU- und QR-Zerlegungen
* Lineare Räume, Fundamentalsatz der linearen Algebra - Teil I, Basiswahl und Basiswechsel
* Lineare Abbildungen und Abbildungsmatrix bei Koordinatentransformationen
* Norm und Skalarprodukt in linearen Räumen, Gram-Schmidt-Algorithmus, Projektoren
* Lineare Ausgleichsrechnung
* Determinanten
* Eigenwerte und Eigenvektoren, Symmetrische Matrizen
* Singulärwertzerlegung und Fundamentalsatz der linearen Algebra, Anwendungen

# NUMERICAL METHODS FOR PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS

Kurzbeschreibung: This course covers the derivation, properties, and practical implementation of fundamental numerical methods for solving key partial differential equations, including convection-diffusion, heat, and wave equations, as well as conservation laws. Emphasis is placed on efficient implementation in C++ using a finite element library, with a strong focus on understanding the mathematical foundations and selecting appropriate methods based on the characteristics of the PDE models.

Inhalt:

* Second-order scalar elliptic boundary value problems
* Finite-element methods (FEM)
* FEM: Convergence and Accuracy
* Beyond FEM: Alternative Discretizations
* Non-linear elliptic boundary value problems
* Second-order linear evolution problems
* Convection-diffusion problems
* Finite Elements for the Stokes Equation

# STOCHASTIK

Kurzbeschreibung: Wahrscheinlichkeitsmodelle und Anwendungen, Einführung in Schätztheorie und statistische Testtheorie

Inhalt:

Der Begriff Wahrscheinlichkeitsraum und einige klassische Modelle

* Axiome von Kolmogorov
* einfache Folgerungen
* diskrete Modelle
* Dichtefunktionen
* Produktmodelle
* Zusammenhang zwischen den bisher betrachteten Modellen
* Verteilungsfunktionen
* Transformation von Wahrscheinlichkeitsverteilungen.

Bedingte Wahrscheinlichkeiten:

* Definition und Beispiele
* Berechnung von absoluten aus bedingten Wahrscheinlichkeiten
* Bayes'sche Regel
* Anwendung auf Nachrichtenquellen
* bedingte Verteilungen
* Erwartungswert eine Zufallsvariable
* Varianz
* Kovarianz und Korrelation
* lineare Prognosen
* Gesetz der grossen Zahlen
* zentraler Grenzwertsatz

Einführung in die Statistik:

* Schätzung von Parametern
* Tests

# FLUIDDYNAMIK I

Kurzbeschreibung: An introduction to the physical and mathematical foundations of fluid dynamics is given.

Inhalt:

* Dimensional analysis
* integral and differential conservation laws
* inviscid and viscous flows
* Navier-Stokes equations
* boundary layers, turbulence
* potential flows
* unsteady flows
* aerodynamic concepts
* vorticity dynamics
* compressible flows

# STATISTISCHE PHYSIK UND COMPUTER SIMULATION

Kurzbeschreibung: Der Kurs vermittelt zentrale Prinzipien und Anwendungen der statistischen Mechanik, einschließlich Gleichgewichts-Molekulardynamik, Monte-Carlo-Verfahren, stochastischer Dynamik und Methoden zur Berechnung freier Energien. In den begleitenden Übungen werden Computersimulationsprogramme eingesetzt, um Ensembles zu erzeugen und statistische Mittelwerte zu bestimmen.

Inhalt:

* Prinzipien und Anwendungen der statistischen Mechanik und Gleichgewichts-Molekulardynamik
* Monte-Carlo-Verfahren
* stochastische Dynamik und freien Energie-Rechnung

# INTRODUCTION TO MATHEMATICAL OPTIMIZATION

Kurzbeschreibung: Introduction to basic techniques and problems in mathematical optimization, and their applications to a variety of problems in engineering.

Inhalt:

* Linear programming (simplex method, duality theory, shadow prices, ...).
* Basic combinatorial optimization problems (spanning trees, shortest paths, network flows, ...).
* Modelling with mathematical optimization: applications of mathematical programming in engineering.

# NUMERISCHE METHODEN FÜR CSE

Kurzbeschreibung: The course gives an introduction into fundamental techniques and algorithms of numerical mathematics which play a central role in numerical simulations in science and technology. The course focuses on fundamental ideas and algorithmic aspects of numerical methods. The exercises involve actual implementation of numerical methods in C++.

Inhalt:

* Computing with Matrices and Vectors
* Direct Methods for linear systems of equations
* Least Squares Techniques
* Data Interpolation and Fitting
* Iterative Methods for non-linear systems of equations
* Filtering Algorithms
* Approximation of Functions
* Numerical Quadrature

# PROGRAMMIERTECHNIKEN FÜR PHYSIKALISCHE SIMULATIONEN

Kurzbeschreibung: This lecture provides an overview of programming techniques for scientific simulations. The focus is on basic and advanced C++ programming techniques and scientific software libraries. Based on an overview over the hardware components of PCs and supercomputer, optimization methods for scientific simulation codes are explained.

# SYSTEMS PROGRAMMING AND COMPUTER ARCHITECTURE

Kurzbeschreibung: Introduction to systems programming. C and assembly language, floating point arithmetic, basic translation of C into assembler, compiler optimizations, manual optimizations. How hardware features like superscalar architecture, exceptions and interrupts, caches, virtual memory, multicore processors, devices, and memory systems function and affect correctness, performance, and optimization.

Inhalt

Overview of modern computer systems as platforms for executing compiled programs

Programmer’s perspective on:

* Program execution
* Memory storage and management
* System-level communication

Introduction to key architectural components that influence program execution:

* Processors and registers
* Cache memory and memory hierarchy
* Virtual memory systems
* Supervisor/kernel mode
* Input/output structures

Understanding the impact of:

* Compiler optimizations
* Operating system behavior
* Hardware features on performance, scalability, and correctness

Exposure to practical system-level issues related to:

* Performance tuning and profiling
* Portability and security
* Robustness and extensibility of code

Foundation for advanced topics such as:

* Operating systems
* Networking
* Compilers

Topics covered include:

* Machine-level code and its generation by optimizing compilers
* Address translation techniques
* Input and output mechanisms
* Trap and event handling
* Performance evaluation and optimization (including practical data collection and analysis techniques)

# SOFTWARE ENGINEERING

Kurzbeschreibung: This course introduces both theoretical and practical aspects of software engineering, all of which are applied in a substantial team project.

Inhalt:

* requirements
* specifications and documentation
* formal and informal modelling
* modularity
* testing and concolic execution.

# DESIGN OF HIGH PERFORMANCE COMPUTING

Kurzbeschreibung: Advanced topics in parallel and high-performance computing.

Inhalt:

* Comprehensive overview of high-performance computing (HPC) from hardware architecture to programming and algorithms
* Introduction to:
  + Cache architectures and cache coherence in real-world systems
* Parallel programming concepts, including:
  + Memory models
  + Locks and lock-free programming techniques
* Performance modeling techniques
* Principles of parallel software design
* Fundamental parallel algorithms

# INTRODUCTION INTO MACHINE LEARNING

Kurzbeschreibung: The course introduces the foundations of learning and making predictions based on data.

Inhalt:

* Linear regression (overfitting, cross-validation/bootstrap, model selection, regularization, [stochastic] gradient descent)
* Linear classification: Logistic regression (feature selection, sparsity, multi-class)
* Kernels and the kernel trick (Properties of kernels; applications to linear and logistic regression); k-nearest neighbor
* Neural networks (backpropagation, regularization, convolutional neural networks)
* Unsupervised learning (k-means, PCA, neural network autoencoders)
* The statistical perspective (regularization as prior; loss as likelihood; learning as MAP inference)
* Statistical decision theory (decision making based on statistical models and utility functions)
* Discriminative vs. generative modeling (benefits and challenges in modeling joint vs. conditional distributions)
* Bayes' classifiers (Naive Bayes, Gaussian Bayes; MLE)
* Bayesian approaches to unsupervised learning (Gaussian mixtures, EM)

# WISSENSCHAFT IM KONTEXT

Kurzbeschreibung: Wissenschaftliches Arbeiten und Methodenkompetenz

Inhalt: Wissenschaftliche Methoden, Recherche, wissenschaftliches Schreiben

# FALLSTUDIEN

Kurzbeschreibung: Praktische Anwendung der im Studium erlernten Fähigkeiten in einem Praxisprojekt

Inhalt: Projektarbeit in Teams an realen Problemstellungen

# BACHELORARBEIT

Kurzbeschreibung: Selbständige Bearbeitung eines wissenschaftlichen Themas

Inhalt: Individuell definiertes wissenschaftliches Projekt