

STUDIEN

Effiziente Algorithmen

für Studenten der Mathematik und Informatik
an der Freien Universität Berlin

Semesterheft Winter 2003/04

STUDIEN
SEMESTERHEFT

Allgemeines

Das Gebiet *Effiziente Algorithmen* ist eines der Bindeglieder zwischen Informatik und Mathematik. Einerseits gehören Algorithmen und Datenstrukturen zum Kern der praktischen Informatik, andererseits bezieht die zugrundeliegende Theorie ihre Methoden im wesentlichen aus der diskreten Mathematik. Die Anwendungen reichen in zahlreiche Gebiete wie Computer-Grafik, Mustererkennung, Robotik, Computer Aided Design, Bioinformatik, Kartographie, Bildverarbeitung usw. Einige konkrete Beispiele werden anhand von Diplomarbeiten, Dissertationen und Projekten am Ende dieser Broschüre vorgestellt.

Das Gebiet ist in Berlin an allen drei Universitäten und am Konrad-Zuse-Zentrum stark vertreten. Diese Institutionen tragen gemeinsam das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Europäische Graduiertenkolleg *Combinatorics, Geometry, and Computation*, das in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich durchgeführt wird. (Siehe auch die WWW-Seite:

<http://www.inf.fu-berlin.de/gk-cgc>.)

Neben zahlreichen Lehrveranstaltungen werden auch andere Möglichkeiten zur Weiterbildung angeboten. So finden zum Beispiel der Berliner Algorithmen-Tag oder mehrtägige Spezialschulen regelmäßig statt.

Der Studienschwerpunkt ist ein Vorschlag zur Vertiefung in dieses Fachgebiet im Rahmen der Studiengänge Mathematik und Informatik an der Freien Universität. Zum Beispiel wird eine abgestimmte Folge von Lehrveranstaltungen von den Grundlagen bis zu den Anwendungen angeboten. Darüberhinaus sollen den Studenten die zahlreichen Angebote in dieser Richtung in Berlin besser zugänglich gemacht werden. Dazu wird diese Informationsbroschüre jedes Semester aktualisiert. Neben Vorschlägen zur Studienplanung werden hier allgemeinere Informationen zum Gebiet *Effiziente Algorithmen* zusammengefasst. Die Broschüre gibt einen Überblick über die Lehrveranstaltungen zum Gebiet – auch an den anderen Berliner Universitäten – und die Lehrveranstaltungsplanung für die folgenden Semester. Zusätzlich gibt sie Informationen zu Tagungen und ähnlichen Veranstaltungen, zu den in der Arbeitsgruppe *Effiziente Algorithmen* tätigen Mitarbeitern und ihren Arbeitsgebieten sowie zu aktuell im Fachbereich behandelten Forschungsthemen (Diplomarbeiten, Dissertationen etc.).

Interessenten können sich im Sekretariat der Arbeitsgruppe Theoretische Informatik (Takustr. 9, Raum 111) in den Studienschwerpunkt einschreiben. Sie

erhalten dann regelmäßig das Semesterheft und werden laufend über Veranstaltungen wie etwa Vorträge, Spezialschulen und Tagungen informiert.

1 Vorschlag zur Studienplanung

Für die Teilnahme am Studienschwerpunkt sind gewisse Grundkenntnisse aus dem Grundstudium unerlässlich. Es wird empfohlen, Vorlesungen und Kurse zu Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitstheorie, Graphentheorie, Algorithmen und Datenstrukturen sowie Programmierung frühzeitig zu besuchen. Innerhalb des Hauptstudiums ist sowohl eine Orientierung in mathematisch-theoretischer Richtung als auch eine zu Anwendungsgebieten hin möglich. Im folgenden geben wir Empfehlungen zur Organisation des Studiums für beide Richtungen. Natürlich sind auch Mischformen und eine andere Organisation möglich.

Die Angebote des Hauptstudiums werden im Studienschwerpunkt mit einem Kürzel ([EA 1,2] Entwurf und Analyse von Algorithmen, [ADM] Angewandte Diskrete Mathematik, [ANW] Anwendungen, [PR] Praktikum) gekennzeichnet. Das Kürzel zeigt an, für welche Phase des Studiums die Veranstaltungen geeignet sind. Der Vorschlag sollte individuell durch begleitende Lehrveranstaltungen aus Mathematik und Informatik ergänzt werden.

Vertiefung in theoretischer Richtung.

- [EA1] (3V + 2 Ü) im 5. Semester
Entwurf und Analyse von Algorithmen.
 - [EA2] (3V + 2 Ü) im 6. Semester
Themenbeispiele: *Algorithmische Geometrie* oder *Graphenalgorithmen* oder *Optimierung* oder *Parallele Algorithmen* oder ...
 - [ADM] Zumindest eine Vorlesung und ein Seminar im 7. & 8. Semester.
Themenbeispiele: *Polytope* oder *Pattern Matching* oder *Randomisierte Algorithmen* oder *Graphenalgorithmen* oder ...
- ★ anschließend *Diplomarbeit.*

Vertiefung in anwendungsbezogener Richtung.

- [EA1] (3V + 2 Ü) im 5. Semester
Entwurf und Analyse von Algorithmen.
- [EA2] (3V + 2 Ü) im 6. Semester
Themenbeispiele: *Algorithmische Geometrie* oder *Graphenalgorithmen* oder *Optimierung* oder *Parallele Algorithmen* oder ...
- [ANW] Zumindest eine Vorlesung und ein Seminar im 7. & 8. Semester.
Themenbeispiele aus den Anwendungsgebieten: *Mustererkennung* oder *Computer-Grafik* oder *Computer Aided Design* oder *Robotik* oder *Bildverarbeitung* oder *Bioinformatik* oder ...
- [PR] (4 PR) Praktikum im 8. Semester.
★ anschließend *Diplomarbeit.*

Entsprechend den vorgehenden Vorschlägen sollen Zyklen von einander ergänzenden Veranstaltungen angeboten werden. Am Beginn jedes Zyklus werden den behandelten Themen Kürzel zugewiesen und der Plan im Semesterheft angekündigt.

Übersicht über die Veranstaltungen dieses Semesters

In diesem Wintersemester beginnt der Zyklus des Studienschwerpunktes wieder mit der zentralen Vorlesung *Entwurf und Analyse von Algorithmen* von Prof. Alt.

Die Vorlesung von Christian Knauer über Algorithmische Geometrie aus dem vorigen Sommersemester wird durch eine Spezialvorlesung "Ausgewählte Kapitel der Algorithmischen Geometrie" vertieft.

Ivan Izvestiev, der in diesem Semester als Gast am Institut weilt, hält eine Einführungsveranstaltung über konvexe Geometrie.

Ein Seminar von Prof. Alt wird Robustheit von Geometrischen Algorithmen behandeln, ein anderes Seminar von Frank Hoffmann beschäftigt sich mit online-Bewegungsplanung von autonomen Robotern.

Weiter gibt es ein Praktikum über Datenkompression im Anschluss an die Vorlesung von Prof. Rote vom vorigen Semester.

Realisierung im Studienplan.

Die Realisierung innerhalb der bestehenden Studiengänge wird für Mathematik und Informatik getrennt behandelt.

Diplomstudiengang Mathematik.

Bei Teilnahme am Studienschwerpunkt wird Studenten der Mathematik die Belegung des Nebenfachs Informatik empfohlen.

- Grundstudium.

Auf jeden Fall sollte die *Elementare Wahrscheinlichkeitstheorie* besucht werden. Ein *Programmierkurs* ist Pflicht im Grundstudium. Die Vorlesungen *Informatik A* und *B* sind Teil der Nebenfachausbildung. Grundkenntnisse in diskreter Mathematik können durch einen möglichst frühen Besuch von *Kombinatorik* und/oder *Graphentheorie* erworben werden.

- Hauptstudium.

[EA1] Anrechnung in A (Angew. Mathematik).

[EA2] & [ADM] Anrechnung in B (Einarbeitung in Spezialgebiet).

[ANW] & [PR] Anrechnung im Nebenfach Informatik.

Seminare: Anrechnung im Rahmen der mindestens 2 Seminare.

Bei der Diplomprüfung aus Angew. Mathematik wird neben Algorithmentheorie auch ein weiteres Gebiet (Wahrscheinlichkeitstheorie oder Numerik) geprüft.

Diplomstudiengang Informatik.

- Grundstudium.

Die Grundkenntnisse werden durch die Lehrveranstaltungen *Algorithmen und Programmierung* und *Mathematik für Informatiker* abgedeckt.

- Hauptstudium.

[EA1] & [EA2] Anrechnung in Theoretische Informatik.

[ADM] & [ANW] & [PR] Anrechnung im Rahmen der 14 SWS im Studienschwerpunkt.

Seminare: Anrechnung im Rahmen der mindestens 2 Seminare.

2 Lehrveranstaltungen im Winter 2003/04

Vorlesungen

Entwurf und Analyse von Algorithmen

[EA1]

Dozent: Alt; Vorlesungszeit: Di 12–14 Uhr, Fr 12–14, 3-stündig,
Veranstaltungsort: Takustraße 9, HS.

Übungen Alt, 2-stündig .

Beginn: 21.10.2002

INHALT: Der Entwurf von Algorithmen bildet einen Kernbereich der Informatik. Diese Vorlesung ist eine einführende Veranstaltung zur Algorithmik und Grundlage für die meisten anderen Veranstaltungen in der Theoretischen Informatik. Inhalt ist der Entwurf und die Analyse von Algorithmen und Datenstrukturen für viele grundlegende Probleme wie Suchen, Sortieren, Graphenprobleme, Arithmetik, geometrische Probleme usw.

Literatur: Cormen, Leiserson, Rivest Introduction to Algorithms MIT Press, ISBN 0262031418

Ausgewählte Kapitel der Algorithmischen Geometrie

[EA2]

Dozent: ; Vorlesungszeit: Di 10–12 Uhr, 2-stündig,

Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 053.

Übungen Knauer, 2-stündig, SR 055.

Beginn: 21.10.2002

INHALT: Diese Vorlesung baut auf der Vorlesung 'Algorithmische Geometrie' aus dem letzten Semester auf. Wir stellen neuere und fortgeschrittene Resultate und Methoden vor, die in der Grundvorlesung nicht behandelt wurden:

- geometrische Optimierungsprobleme: LP-type Probleme, Parametrische Suche, Randomisierte Optimierungstechniken, Range-Searching
- geometrisches Divide & Conquer: Epsilon-Netz Theorie, Cuttings
- randomisierte geometrische Algorithmen: inkrementelle vs. History-basierte Konstruktion
- geometrische Datenstrukturen: Dynamisierung, Multilevel-Datenstrukturen

Voraussetzungen: VL Entwurf u. Analyse von Algorithmen, VL Algorithmische Geometrie
Perspektiven: Bei Interesse besteht die Möglichkeit das Gebiet im nächsten Semester durch ein Seminar zu vertiefen.

Literatur: J.-D. Boissonnat, M. Yvinec. *Algorithmic Geometry*. Cambridge University Press, 1998.

M. de Berg, M. van Kreveld, M. Overmars, O. Schwarzkopf. *Computational Geometry: Algorithms and Applications*. Springer-Verlag Berlin, 1997.

K. Mulmuley. *Computational Geometry: An Introduction through Randomized Algorithms*. Prentice Hall, 1994.

Originalarbeiten

Algorithmen und Programmierung III

[Grundstudium]

Dozent: Rote; Vorlesungszeit: Mo 12–14 Uhr, Do 12–14, 4-stündig,

Veranstaltungsort: Takustraße 9, HS.

Übungen Rote, 2-stündig .

Beginn: 20.10.2003

INHALT: Im 3. Semester des Zyklus Algorithmen und Programmierung werden Daten- und Programmstrukturen behandelt. Ausgangspunkt ist das Geheimnisprinzip und seine Bedeutung für die Strukturierung von Programmen und die Konstruktion von Datenobjekten mittels Modulen und Klassen. Eine zentrale Rolle bei der Modellierung von Daten spielt der Begriff der Datenabstraktion verbunden mit der Unterscheidung zwischen Spezifikation und Implementierung abstrakter Datenobjekte und Datentypen. Mengen, Relationen, Listen, Bäume, Graphen u.a. werden als abstrakte Typen eingeführt. Anschließend werden effizient manipulierbare Repräsentationen dieser Typen betrachtet und die zugehörigen Algorithmen auf ihre Komplexität hin untersucht. Zu den für die Repräsentation verwendeten Verfahren und Datenstrukturen gehören Hashtransformationen, binäre Bäume und Suffixbäume.

In der objektorientierten Programmierung spielen neben der Datenabstraktion Vererbung und Polymorphie eine wesentliche Rolle. Wir werden daher abstrakte Datentypen häufig unter Verwendung von Vererbungsmechanismen spezifizieren und implementieren. Programmiert wird imperativ mit Java und funktional mit Haskell.

Konvexe Geometrie

[EA2]

Dozent: Izmestiev; Vorlesungszeit: Mo 10–12 Uhr, 2-stündig,

Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 051.

Übungen Izmestiev, 2-stündig .

Beginn: 20.10.2003

INHALT: Nach der Einführung der Grundbegriffe und dem Bekanntmachen mit klassischen Sätzen wie der Satz von Helly betrachten wir die folgenden Themen: 1. Dualität, u. a. in der linearen Optimierung; 2. gemischte Volumina und Quermassintegrale: wie man das Volumen, den Oberflächeninhalt und die Euler-Charakteristik in einer Formel zusammenfassen kann (Formel von Steiner, Satz von Hadwiger); 3. Gitterpunkte in konvexen Körpern: wie groß muss ein Körper sein, um mindestens einen Gitterpunkt zu beinhalten (Satz von Minkowski), wie verhält sich die Anzahl der Gitterpunkten in einem Polytop, wenn dieses aufgeblasen wird (Polynom von Ehrhart). Übungen zur Vorlesung werden diese Kenntnisse festigen und vertiefen.

Literatur: Alexander Barvinok, A Course in Convexity T. Bonnesen, W. Fenchel, Theorie der konvexen Körper

Seminare, Praktika und sonstige Veranstaltungen**Seminar über Algorithmen**

[EA2]

Dozent: Alt; Vorlesungszeit: Do 14–16 Uhr, 2-stündig.

Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.

Beginn: 23.10.2003

INHALT: Hauptthema des Seminars werden Arbeiten zur Robustheit und Genauigkeit von Rechnungen in Algorithmen sein.

Dieses Thema ist besonders in der algorithmischen Geometrie aktuell geworden, nachdem man begonnen hat, in der Theorie entwickelte Algorithmen zu implementieren und hat selbst wieder zu interessanten theoretischen Fragestellungen geführt. Durch Rundungsfehler ergeben sich oft völlig verfälschte und unbrauchbare Ausgaben. Mehrere Ansätze wurden untersucht, um diesem Problem zu begegnen: exaktes Rechnen, Rechnen mit hoher Genauigkeit, Gleitkomma-Filter, Rechnen mit abschätzbarer Ungenauigkeit usw.

Literatur: Originalartikel, eine Übersicht findet sich in S. Schirra, Robustness

and Precision issues in geometric computation, Handbook of Computational Geometry, J. Sack, J. Urrutia, Eds., Elsevier Science B.V. , 2000, ISBN 0 444 82537 1

Seminar über on-line Bewegungsplanung [ADM]

Dozent:Hoffmann;

Beginn: 20.10.2003, eventuell als Blockveranstaltung

INHALT: Viele algorithmische Fragestellungen sind inhärent on-line, das heißt, es müssen Entscheidungen getroffen werden, die sich nur auf Ergebnisse vergangener Ereignisse stützen können, während die zukünftigen Anforderungen nicht oder nur vage bekannt sind. Das Paging-Problem in virtuellen Speichersystemen, das Routing in Kommunikationsnetzwerken oder etwa das Navigieren in unbekanntem Umgebungen sind typische Beispiele für derartige Situationen. Wie man on-line Algorithmen in der Bewegungsplanung entwirft und analysiert, ist Gegenstand des Seminars. Wir werden sehen, daß man in vielen Situationen tatsächlich deterministisch bzw. randomisiert on-line Lösungen finden kann, die nachweislich nur um einen konstanten Faktor schlechter sind als jene von optimalen off-line Algorithmen, die die volle Eingabe schon im voraus kennen. Voraussetzungen: Vorlesung "Entwurf und Analyse von Algorithmen"

Diplomanden- und Doktorandenseminar [EA2]

Dozent: Alt, Kriegel, Rote; Vorlesungszeit: Di, Do, Fr 12–13 Uhr, 3-stündig.

Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.

INHALT: Vorträge über eigene Forschung und Originalarbeiten aus der Theoretischen Informatik, insbesondere Algorithmen. Die Ankündigungen werden jeweils gesondert gegenüber Raum 111 in der Takustraße 9 ausgehängt.

Praktikum über Datenkompression [ADM]

Dozent:Rote, Lenz;

Vorlesungszeit: Di 16–18 Uhr, 3-stündig.

Beginn: 21.10.2003

INHALT: Ausgewählte Projekte zur Datenkompression:

In Arbeitsgruppen sollen Verfahren aus dem Gebiet der Datenkompression implementiert und damit experimentiert werden. Eine Liste von möglichen Projekten steht auf der Netzseite der Veranstaltung; es ist auch möglich, eigene Themen vorzuschlagen. Eine Ausweitung der Projekte in Studien- oder

Diplomarbeiten ist möglich.

Präfix-Codes sind nicht optimal beim Morse-Alphabet? Bei Alphabeten, wo alle Symbole gleichwertig sind, sind Präfixcodes optimal, und optimale Codes können mit dem Huffman-Algorithmus gefunden werden. Bei Alphabeten mit verschieden langen Symbolen, wie zum Beispiel dem Morsealphabet mit “.”, “_”, und “Pause” funktioniert der Huffman-Algorithmus nicht, und es ist nicht einmal klar, ob Präfixcodes ausreichen.

Optimale Codes durch lokale Verbesserung

Der Huffman-Algorithmus ist sehr einfach, aber die Abhängigkeit des Ergebnisses von den Daten ist nicht sehr durchsichtig, und “dynamische” Huffman-Algorithmen bemühen sich, im Wesentlichen, die Änderungen im Huffman-Algorithmus nachzuvollziehen. Hier sollen einfache Algorithmen betrachtet werden, die nur die Tiefenfolge des Codes betrachten und lokale Veränderungen vornehmen, bis der Kode nicht mehr verbessert werden kann.

Vorlesung des Europäischen Graduiertenkollegs

Combinatorics, Geometry and Computation

[ADM]

Dozent: Alt, Rote u. Doz. des Kollegs, Vorlesungszeit: Mo 14–16 Uhr, 2-stündig;

Veranstaltungsort: abwechselnd FU (Seminarraum 005), HU, TU, ZIB.

INHALT: Die Dozenten und Gäste des Kollegs halten einführende Vorlesungen (in Blöcken von etwa 2–4 Stunden) zu speziellen Themen des Kollegs. Dazu gehören insbesondere algorithmische und diskrete Geometrie, algorithmische Kombinatorik, Codierungstheorie, Graphentheorie und Graphenalgorithmen, Gruppentheorie, kombinatorische Optimierung, konstruktive Approximation, Mustererkennung und zufällige diskrete Strukturen. Die Themen sowie die Veranstaltungsorte der Vorlesungen werden auch neben Raum 111 in der Takustraße 9 ausgehängt. (Interessenten können sich bei der Koordinatorin des Kollegs, Frau A. Hoffkamp, auf einen Verteiler für das Verschicken der Ankündigungen setzen lassen.)

Kolloquium des Europäischen Graduiertenkollegs

Combinatorics, Geometry, and Computation

[ADM]

Dozent: Alt u. Doz. des Kollegs; Vorlesungszeit: Mo 16–18 Uhr, 2stündig;

Veranstaltungsort: abwechselnd FU (Seminarraum 005), HU, TU, ZIB.

INHALT: Mitglieder und Dozenten des Kollegs sowie Gäste halten Vorträge

zum Thema des Kollegs. Die einzelnen Vorträge im Kolloquium sowie die Veranstaltungsorte werden gesondert angekündigt. (Interessenten können sich bei der Koordinatorin des Kollegs, Frau A. Hoffkamp, auf einen Verteiler für das Verschicken der Ankündigungen setzen lassen.) Die Ankündigungen werden auch neben Raum 111 in der Takustraße 9 ausgehängt.

Die Vorlesungen des Graduiertenkollegs im Winter 2003/04

Die Vorlesungen des Graduiertenkollegs werden durch Aushang an den einzelnen Universitäten (Fachbereiche und Arbeitsgruppen der Dozenten), neben Raum 111 in der Takustraße 9, sowie im Internet unter:

<http://www.inf.fu-berlin.de/graduate-programs/cgc/> angekündigt.

- 27. Oktober 2003
ANDRZEJ RUCINSKI, ADAM MICKIEWICZ, University Poznan:
Regularity of Hypergraphs with Application to Hamiltonicity.
- 3. November 2003
JOACHIM GIESEN, ETH Zürich:
Induced Flows.
- 10. November 2003
DIETER JUNGnickel, Universität Augsburg:
Finite projective planes with a large abelian group.
- 17. November 2003
ANDRAS FRANK, Eötvös Lorand University, Budapest
- 24. November 2003
TOM MCCORMICK, University of British Columbia, Vancouver
- 1. Dezember 2003
BERND GÄRTNER, ETH Zürich
- 8. Dezember 2003
ROSS MCCONNELL, Colorado State University, Fort Collins
- 15. Dezember 2003
LEONIDAS GUIBAS, Stanford University
- 12. Januar 2004
BENNY SUDAKOV, Princeton University

- 19. Januar 2004
HANS ULRICH SIMON, Ruhr-Universität Bochum
- 26. Januar 2004
ALEXANDER SCHRIJVER, CWI Amsterdam:
Open problems in combinatorial optimization.
- 2. Februar 2004
MARK JERRUM, University of Edinburgh
- 9. Februar 2004
STEFAN FELSNER, Technische Universität Berlin
- 16. Februar 2004
DEREK G. CORNEIL, University of Toronto, Canada

Die Kolloquiumsvorträge des Graduiertenkollegs im Winter 2003/04

Die Kolloquien des Graduiertenkollegs werden durch Aushang an den einzelnen Universitäten (Fachbereiche und Arbeitsgruppen der Dozenten), neben Raum 111 in der Takustraße 9, sowie im Internet unter:

<http://www.inf.fu-berlin.de/graduate-programs/cgc/> angekündigt.

- 27. Oktober 2003
DIRK SCHLATTER Humboldt-Universität zu Berlin
- 3. November 2003
HEIKO SCHILLING, Technische Universität Berlin:
Algorithms for Accelerated Shortest Path and Max Flow Computation.
- 10. November 2003
ANDREAS PAFFENHOLZ, Technische Universität Berlin
- 17. November 2003
HARTWIG BOSSE, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin:
Polynomial Inequalities Representing Polyhedra.
- 24. November 2003
MARTIN KUTZ, Freie Universität Berlin:
Approximation Algorithms for Stochastic Combinatorial Optimization Problems.

- 1. Dezember 2003
ANDREAS WESTERHUS, Linköping University, Schweden
- 8. Dezember 2003
MARIA MINKHOFF, MPI Saarbrücken:
Approximation Algorithms for Stochastic Combinatorial Optimization Problems.
- 15. Dezember 2003
KEVIN BUCHIN, Freie Universität Berlin
- 12. Januar 2004
ARNOLD WASSMER, Technische Universität Berlin
- 19. Januar 2004
DANIELA KÜHN, Freie Universität Berlin
- 26. Januar 2004
ALEXANDER BOBENKO, Technische Universität Berlin
- 2. Februar 2004
ARES RIBÓ MOR, Freie Universität Berlin
- 9. Februar 2004
CHRISTIAN BEY, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- 16. Februar 2004
STEFAN HELL, Technische Universität Berlin

Weitere Veranstaltungen an der Freien Universität

- Algorithmische Bioinformatik (VL); Dozent: Reinert.
- Projektive Geometrie (VL); Dozent: Lenz.
- Abzählende Kombinatorik (VL); Dozent: Aigner.
- Seminar über Graphentheorie (SE); Dozent: Aigner, de Longueville.
- Data management in location-based services (SE); Dozentin: Voissard.

Stellenangebote Forschungstutor/inn/en

Am Institut für Informatik der Freien Universität Berlin, Arbeitsgruppe Theoretische Informatik, sind ab sofort 2 Stellen einer studentischen Hilfskraft (Forschungstutor/in) (60 Stunden/Monat) zu besetzen.

Aufgabengebiete:

1) Programmieraufgaben für die Forschung im Bereich des von der DFG geförderten Forschungsprojektes Pseudotriangulierungen und Bewegungen von Gelenkssystemen (siehe Projektbeschreibung Seite 21).

2) Programmieraufgaben für die Forschung im Bereich des von der EU geförderten Forschungsprojektes “Effective Computational Geometry for Curves and Surfaces” (siehe Seite 18). Diese Stelle ist vorerst bis 31.04.2004 befristet.

Einstellungsvoraussetzungen: Abgeschlossenes Grundstudium (Vordiplom) der Informatik, der Mathematik oder eines verwandten Gebietes. Erwünscht: Kenntnisse auf dem Gebiet der Algorithmen, der Geometrie, der diskreten Mathematik oder der Optimierung.

Kurze Bewerbungen per Post, per e-mail oder persönlich an Prof. Günter Rote, Freie Universität Berlin, Institut für Informatik, Takustraße 9, D-14195 Berlin, Zimmer 110, rote@inf.fu-berlin.de.

3 Diplomarbeiten, Dissertationen, Projekte

Die von der Arbeitsgruppe Theoretische Informatik behandelten Forschungsthemen werden an Diplomarbeiten, Dissertationen und Projekten beispielhaft vorgestellt.

Diplomarbeit: Hausdorff-Abstand und Fréchet-Abstand von Spline-Kurven

Diplomandin: *Ludmila Scharf*, Betreuer: *Helmut Alt*

In der Arbeit geht es um Berechnen von Ähnlichkeiten zwischen durch Kurven modellierte Figuren in der Ebene. Als Ähnlichkeitsmaße werden der sogenannte Hausdorff-Abstand und der Fréchet-Abstand betrachtet.

Zunächst sollen die Algorithmen für algebraische Kurven ($t \rightarrow (p_1(t), p_2(t))$) erarbeitet und implementiert werden. Als zweiter Schritt soll die Verallgemeinerung auf stückweise algebraische Kurven, insbesondere Splines erfolgen.

Die Abstandsfunktionen finden ihre Anwendung als Qualitätsfunktion in Matching-Algorithmen, die meisten basieren auf dem Hausdorff-Abstand. Viele Arbeiten beschäftigen sich mit dem Hausdorff-Abstand für Polygone und er hat sich gut in der Praxis bewährt. Es gibt jedoch Fälle wo der Fréchet-Abstand ein besseres Kriterium dafür ist, wie ähnlich sich zwei Muster oder zwei Kurven sind.

Mögliche Anwendungsgebiete: Computergraphik, Mustererkennung, Kartographie.

Dissertation: Complex Tracing

Doktorandin: *Britta Broser*, Betreuer: *Helmut Alt*, *Ulrich Kortenkamp*

Hinter den Kulissen der Geometriesoftware *Cinderella* verbirgt sich eine elegante mathematische Theorie, die sich aus verschiedenen Bereichen zusammensetzt. Aus ihr ergeben sich Fragen zwischen Komplexitätstheorie und Geometrie, die zum Teil noch ungelöst sind.

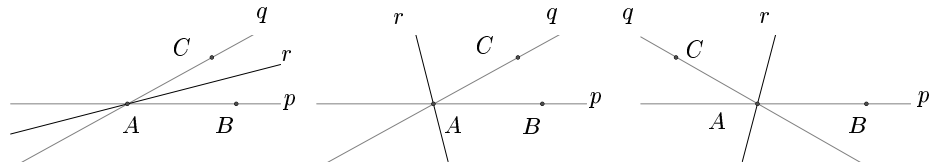


Abbildung 1: Drei verschiedene Instanzen des GSPs aus dem Beispiel

In *Cinderella* werden geometrische Konstruktionen durch geometrische Straight-Line Programme (GSP) repräsentiert. Diese setzen sich aus freien Punkten und abhängigen Elementen wie z. B.

- der Verbindungsgeraden zweier verschiedener Punkte,
- dem Schnittpunkt zweier verschiedener Geraden,
- einer der beiden Winkelhalbierenden zweier Geraden,
- einer der höchstens zwei Schnittpunkte einer Geraden mit einem Kreis

zusammen. Eine Instanz eines GSP ist eine Zuweisung von festen Werten zu allen freien Punkten und Wahlen. Ein GSP entspricht also einer formalen Konstruktionsbeschreibung und eine Instanz einer konkreten Zeichnung in der Ebene.

Beispiel für ein GSP:

$A \leftarrow FREE$	$\setminus\setminus$	A ist ein freier Punkt.
$B \leftarrow FREE$	$\setminus\setminus$	B ist ein freier Punkt.
$C \leftarrow FREE$	$\setminus\setminus$	C ist ein freier Punkt.
$p \leftarrow JOIN(A, B)$	$\setminus\setminus$	p ist die Gerade durch A und B .
$q \leftarrow JOIN(A, C)$	$\setminus\setminus$	q ist die Gerade durch A und C .
$r \leftarrow BISECT(p, q)$	$\setminus\setminus$	r ist Winkelhalbierende von p und q .

Abbildung 1 zeigt drei Instanzen dieses GSPs. Man sieht leicht, daß die linke Instanz „stetig“ in die rechte überführt werden kann (s. Abb. 2). Im allgemeinen ist es jedoch nicht immer möglich, eine vorgegebene Instanz „stetig“ in eine weitere vorgegebene Instanz zu überführen. In [1] wird gezeigt, daß das sogenannte „Reachability Problem“ NP-schwer ist.

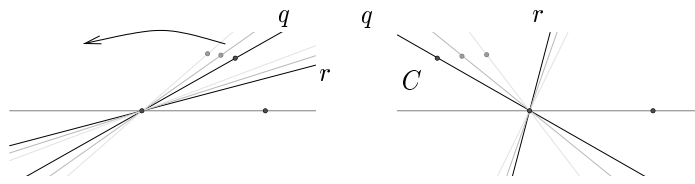


Abbildung 2: Die linke Instanz aus Abb. 1 kann „stetig“ in die rechte überführt werden.

Die Komplexität des selben Problems im Komplexen (d.h. die Koordinaten der freien Punkte und der abhängigen Elemente dürfen Werte aus \mathbb{C} annehmen) ist hingegen noch unbekannt.

Ein weiteres Problem ist das „Tracing Problem“, das mit dem Reachability Problem verwandt ist. Hier liegt die gleiche Situation vor: In [1] wird gezeigt, daß es im Reellen NP-schwer ist, und die Komplexität im Komplexen ist unbekannt. Das sogenannte „Complex Tracing“ könnte z.B. für das automatische Beweisen oder das Umgehen von Singularitäten in *Cinderella* verwendet werden.

Literatur: J. Richter-Gebert, U. Kortenkamp, *Complexity Issues in Dynamic Geometry*, Proceedings of the Smale Fest 2000, 2001.

Dissertation: Datenstrukturen zum Auffinden von Formen

Doktorand: *Lutz Meißner*, Betreuer: *Helmut Alt*.

Die Menge aller Polygonzüge in der Ebene wird, etwa durch den Hausdorff- oder den Fréchet-Abstand, zu einem metrischen Raum. Von besonderem Interesse sind die Räume, bei denen zur Abstandsmessung die einzelnen Polygonzüge „verschoben“ werden können:

$$\delta(P, Q) = \min_{t \in \mathbf{R}^2} \tilde{\delta}(P, Q + t)$$

Es läßt sich nun, bei gegebenen Polygonzügen P_1, P_2, \dots, P_n , die Frage stellen,

welches dieser P_i einem weiteren Polygonzug P am “ähnlichsten” ist:

$$\text{NN}(P) = \{P_i | \delta(P, P_i) \leq \delta(P, P_j) \text{ für } j = 1, \dots, n\}$$

Gesucht ist also der nächste Nachbar (oder die nächsten Nachbarn) von P . Ist man nicht nur an der Bestimmung des nächsten Nachbarn eines, sondern vieler Polygonzüge interessiert, ist es sinnvoll, P_1, P_2, \dots, P_n in einer Datenstruktur zusammenzufassen, um eine effiziente Abfrage zu ermöglichen. Aber wie muß diese Datenstruktur aussehen?

Für die Nächste-Nachbar-Suche von Punkten im \mathbf{R}^d sind effiziente Datenstrukturen bekannt. Diese nutzen jedoch Eigenschaften, etwa die endliche Dimensionalität oder die Vektorraum-Eigenschaften, aus, die bei den Polygonzügen nicht vorhanden sind.

Bei den bekannten Methoden in allgemeinen “großen metrischen Räumen” werden Voraussetzungen sowohl an die zugrundeliegende Metrik als auch an die Verteilung der Datenmenge gestellt, die hier nicht oder nur bedingt zutreffen. Weiter gibt es kaum Aussagen zu den erwarteten Laufzeiten.

Die Berechnung des Abstands zweier Polygonzüge ist zeitaufwendig. Es stellt sich die Frage, ob zur Bestimmung von $\text{NN}(P)$ tatsächlich P mit einzelnen P_i verglichen werden muß, oder ob ein effizienteres Vorgehen möglich ist. Obwohl zunächst die theoretischen Aspekte untersucht werden, wird auch an die Implementierung von entwickelten Ansätzen gedacht.

Dissertation: Three Dimensional Surface Approximation

Doktorandin: *Astrid Sturm*, Betreuer: *Günter Rote*

(Im Rahmen des Projektes: ECG, Effective Computational Geometry for Curves and Surfaces.)

We intend to revisit the field of Computational Geometry in order to understand how structures that are well-known for linear objects behave when defined on curves and surfaces.

Algebraic issues:

Several operations on nonlinear geometric objects, often lying at the algorithm’s bottleneck, are equivalent to manipulating polynomials. A fundamental question is the solution of algebraic systems, ubiquitous in the construction of

new objects, such as intersections. Another crucial goal is the implementation of primitives with Boolean or discrete output, such as an object is contained in some bounding object.

Robustness issues:

Geometric programs are notorious for their non-robustness: algorithms are designed for a model of computation where real numbers are dealt with exactly and geometric algorithms are frequently only formulated for inputs in general position. This is not simply an academic problem. It is easy to crash any commercial CAD-system. Progress has been made only in recent years. A significant part of the progress was made by the proposers and centers around the so-called exact computation paradigm. We will extend this paradigm to curved objects.

Approximating curves and surfaces:

Since algorithms for curves and surfaces are more involved, more difficult to make robust and typically several orders of magnitude slower than their linear counterparts, there is a need for approximate representations. Our objective is to provide robust and quality guaranteed approximations of curves and surfaces.

Participating sites:

INRIA Sophia Antipolis - France (coordinator)

ETH Zürich - Switzerland

Freie Universität Berlin - Germany

Rijksuniversiteit Groningen - Netherlands

MPI Saarbrücken - Germany

Tel Aviv University - Israel

To be followed by ECG II. The main research themes for ECG II will be:

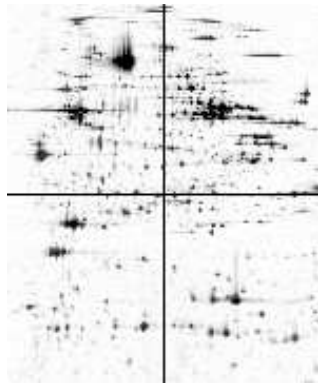
1. Shape representation, approximation, reconstruction, and matching;
2. Motion and evolution;
3. Algebraic methods (for shapes and motion)

Projekt: Point-Pattern-Matching zur Analyse von Gelbildern

Helmut Alt, Darko Dimitrov, Frank Hoffmann, Klaus Kriegel.

Das derzeitige Projekt geht aus einer Forschungskoooperation des Instituts für Informatik der FU Berlin und des Deutschen Herzzentrums Berlin hervor. Dieses ursprüngliche Projekt wurde bis Juni 2001 von der DFG gefördert. Für Teile der dabei entwickelten Software wurde ein Lizenzierungsvertrag mit der Firma Bio-Rad Laboratories abgeschlossen, der eine 2-jährige Weiterfinanzierung der Forschung und Softwareentwicklung sichert.

Gegenstand der Untersuchung sind 2-dimensionale Gelbilder, die durch Gelelektrophorese - Techniken erzeugt werden. Die 1975 von O'Farrell eingeführte Gelelektrophorese hat sich als eine zentrale molekularbiologische Methode zur hochauflösenden Trennung von Protein-Gemischen und zur Analyse der Protein-Zusammensetzung von Gewebeproben etabliert. Jeder Punkt ("Spot") in einem so erzeugten Gelbild repräsentiert ein in der Probe auftretendes Protein. Das Original des hier verkleinert abgebildeten Herz-Ventricle-Gels enthält ca. 2000 Spots. Ziel der Analyse der Bilder ist es insbesondere, krankheitsassoziierte Proteinausprägungen zu erkennen. Zwar ist es möglich, einzelne Proteine durch Sequenzierung zu bestimmen, dies ist aber sehr teuer und aufwendig und bei der Menge der Daten nicht realistisch. Deshalb basierte bis vor wenigen Jahren die Auswertung der Gelbilder zu großen Teilen auf der genauen (und zeitaufwendigen) Betrachtung durch erfahrene Spezialisten.



Inzwischen gibt es eine Reihe von Softwarepaketen zur Unterstützung dieser Arbeit, aber an einer hochzuverlässigen und vollautomatischen Lösung des Problems wird überall noch gearbeitet.

Im Projekt werden zwei der zentralen algorithmischen Probleme der Gelanalyse untersucht:

1) **Spotdetektion:** Im allgemeinen konzentrieren sich die Moleküle eines Proteins aus der Probe in einer achsenparallelen elliptischen Region des Gels - dem Spot des Proteins. Bei der Spotdetektion geht es um die Erkennung dieser Re-

gionen. Das ist eine relativ einfache Bildverarbeitungsaufgabe, so lange die Spots gut separiert sind. Wenn sich mehrere Spots zu einer komplexen und übersättigten Region überlappen, ergibt sich ein schwieriges algorithmisches Problem, das mit Approximationsalgorithmen bearbeitet wird.

2) **Gelmatching:** Hier setzt man voraus, dass zwei zu vergleichende Bilder durch die Spotdetektion schon in geometrische Punktmuster umgewandelt wurden und nun ein geometrisches Matching dieser Punktmuster gesucht wird. Die besondere Schwierigkeit ergibt sich durch die technologisch bedingten, geometrischen Verzerrungen in den Bildern. Durch die Komplexität der Gelelektrophorese an sich, sind schon von ein und derselben Probe in einem Labor keine zwei identischen Bilder zu erwarten. Die zu entwickelnden Verfahren müssen daher sehr robust sein, um auch den Vergleich von Bildern aus verschiedenen Datenbanken zu ermöglichen. Mit Ansätzen aus der algorithmischen Geometrie konnte ein neuartiger Lösungsweg für dieses Problem entwickelt und implementiert werden, der den Kern des Programmsystem CAROL bildet (<http://gelmatching.inf.fu-berlin.de>).

Projekt: Pseudotriangulierungen und Bewegungen von Gelenkssystemen

Günter Rote

In diesem Projekt ist noch eine Forschungsstelle einer studentischen Hilfskraft (60 Stunden/Monat) zu besetzen.

Eine *Pseudotriangulierung* ist eine Zerlegung eines ebenen Bereichs in Polygone mit jeweils genau drei konvexen Ecken und beliebig vielen einspringenden Ecken (*Pseudodreiecke*), siehe Abbildung 1. Von besonderer Bedeutung sind die *gespitzten* Pseudotriangulierungen (pointed pseudotriangulations), wo an jeder Ecke ein Winkel $> 180^\circ$ anliegt. Diese haben genau $n - 2$ Pseudodreiecke und $2n - 3$ Kanten, und dies ist die kleinste mögliche Anzahl für eine Pseudotriangulierung.

In jüngster Zeit hat man erkannt, dass Pseudotriangulierungen viele wünschenswerte Eigenschaften haben und auch bei der Untersuchung der Bewegung von Gelenkssystemen, wie sie etwa bei der Bewegungsplanung von Robotern auftreten, eine wesentliche Rolle spielen. Sie werden auch als Datenstrukturen,

insbesondere für die Simulation dynamischer Bewegungen, verwendet.

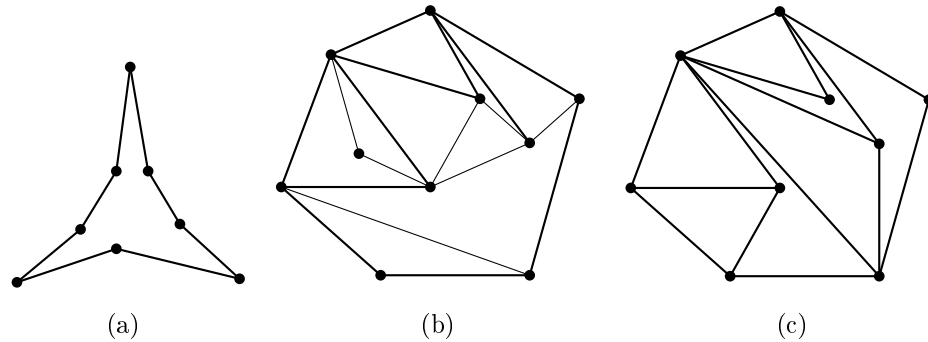


Abbildung 1: (a) ein Pseudodreieck (b) eine Pseudotriangulierung (c) eine gespitzte Pseudotriangulierung

Ein *Fachwerk* (Stabwerk, Gelenkssystem, framework, linkage) besteht aus Stäben fester Länge, die an den Ecken durch bewegliche Gelenke miteinander verbunden sind. Die Untersuchung der Starrheit oder Beweglichkeit solcher Systeme, sowohl in der Ebene als auch im Raum ist ein Grundproblemen der Statik, das in erster Näherung mit Methoden der linearen Algebra lösbar ist. Viele Aussagen über Starrheit lassen sich aber allein auf Grund der kombinatorischen Struktur, das heißt, auf Grund des darunterliegenden Graphen machen. Das Kriterium von Laman (1971) charakterisiert zum Beispiel minimal starre Graphen in der Ebene folgendermaßen:

Ein *Laman-Graph* ist ein Graph mit n Knoten und $2n - 3$ Kanten, wobei jeder Untergraph mit $k \geq 2$ Knoten höchstens $2k - 3$ Kanten enthält.

Diese Graphen sind genau jene Graphen, die bei jeder Einbettung in genügend „allgemeiner“ Lage starr sind, die aber bei Entfernung einer beliebigen Kante beweglich werden (siehe Abbildung 2).

Das sogenannte *Zollstockproblem* (carpenter's rule problem) fragt nach einer Bewegung, die ein Gelenkssystem in Form eines ebenen Streckenzugs *ohne Selbstüberschneidungen* gerade macht. Derartige Fragestellungen wurden seit einiger Zeit in der algorithmischen Geometrie, aber auch im Hinblick auf Anwendungen in der Knotentheorie, Robotik (Bewegung von Roboterarmen),

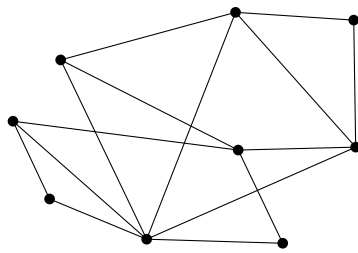


Abbildung 2: Ein minimal starrer Graph

Fertigungstechnik (Biegen von Drähten oder Rohrleitungen) der Polymerphysik und Biophysik untersucht (Molekülfaltung). Das Zollstockproblem ist dabei sicher nur ein grundlegendes Problem, das keine direkten Anwendungen hat. Es wurde jüngst von Connelly, Demaine, und Rote in der Richtung gelöst, dass es eine solche „öffnende“ Bewegung immer gibt. In ähnlicher Weise kann ein geschlossener Streckenzug (ein Polygon) immer konvex gemacht werden.

Die Hauptidee beim Beweis dieser Aussage ist, *expansive* Bewegungen zu betrachten, bei denen die Abstände zwischen je zwei Punkten nicht abnehmen.

Man kann von der Anwendung, Polygone zu öffnen, abstrahieren und den durch die Expansionseigenschaft definierten *Expansionskegel* aller expansiven Bewegungen einer Punktmenge für sich betrachten. Seine extremen Strahlen stehen wieder in enger Beziehung zu den Pseudotriangulierungen.

In diesem Projekt sollen neue Erkenntnisse über Pseudotriangulierungen, Starrheit und Beweglichkeit von Gelenkssystemen (Fachwerken), und Anwendungen von Pseudotriangulierungen als Datenstrukturen gewonnen werden.

Ein weiteres Ziel ist es, analoge Strukturen im *Raum* zu finden. Dies wäre zum Beispiel wichtig als kinetische Datenstruktur für dynamische Bewegungssimulationen. Derzeit gibt es einige einfache Ansätze, aber noch keine zufriedenstellende Definition dafür, was eine höherdimensionale „Pseudotriangulierung“ sein könnte.

Projekt: Three-Dimensional Dynamic Geometry

Enno Brehm, Ulrich Kortenkamp

Dynamic Geometry deals with the constructional aspects of drawings in a dynamic setup. Several dynamic geometry software systems (DGS) have been developed during the last decade that can handle two-dimensional geometric constructions, e.g. as done with ruler and compass. As opposed to traditional, non-computer-aided, drawings, a dynamic aspect is added to a construction: all steps of a construction are stored by the software and can be recalled for other positions of the base elements, making it possible to move points to other positions while maintaining the mathematical restrictions encoded in the construction.

The overwhelming success of DGS for two-dimensional geometry and its intimate relation to fields like computational kinematics, parametric CAD, and virtual reality demand for a genuine three-dimensional implementation of Dynamic Geometry. The goal of this project will be to eliminate several of the obstacles that have been identified on the way to this implementation.

The first step will be the proper identification of mathematical problems that arise in the transition from two to three dimensions. The concepts developed so far have to be extended where possible and will be replaced by alternative approaches where necessary. At the same time a reference implementation is required that demonstrates the feasibility of the new methods for 3D Dynamic Geometry. This includes extending work on user interfaces for 3D visualization respecting the special requirements of interactive manipulation of geometric constructions. The relations to industrial applications like CAD have to be investigated. It will be necessary to adapt the constructive mathematical model to the implicit formulations in constraint-based systems as customary today. Also the usability of a 3D-DGS has to be ensured for applications that involve PDE solving or physics simulation.

We will cooperate with J. Richter-Gebert (TU München), the EU funded project *Effective Computational Geometry for Curves and Surfaces*, and a subproject of the BMBF-Project *Entwicklung einer dezentralen internetunterstützten Lehr-Lernumgebung für das Lehramtsstudium Mathematik*.

4 Die Arbeitsgruppe Theoretische Informatik

Leiter

- PROF. DR. HELMUT ALT
Entwurf und Analyse von Algorithmen, insbesondere Algorithmische Geometrie mit Schwerpunkt Formanalyse.
- PROF. DR. GÜNTER ROTE
Algorithmische Geometrie, kombinatorische Optimierung.

Mitglieder der Arbeitsgruppe

- HOSAM ABDO
Algorithmische Geometrie.
- ENNO BREHM(bis 31.03.2004 an der TU Berlin)
Dynamische Geometrie.
- BRITTA BROSER
Kombinatorik, Geometrie und Optimierung.
- KEVIN BUCHIN
Algorithmische Geometrie.
- DARKO DIMITROV
Bildverarbeitung, Computersehen, Flächenrekonstruktion aus dreidimensionalen Punktdaten.
- DR. FRANK HOFFMANN
Algorithmische Geometrie, geometrische Online-Probleme, angewandte Matching-Probleme.
- OLIVER KLEIN
Algorithmische Geometrie, Mustererkennung.
- CLAUDIA KLOST
Algorithmische Geometrie.
- DR. CHRISTIAN KNAUER
Algorithmische Geometrie, Implementierung von geometrischen Algorithmen, Ähnlichkeitsbestimmung von polygonalen Figuren.

- DR. ULRICH KORTENKAMP (beurlaubt, bis 31.03.2004 an der TU Berlin)
Dynamische Geometrie, Orientierte Matroide, Nachbarschaftliche Polytope, Java.
- PD DR. KLAUS KRIEDEL
Graphalgorithmen und graphentheoretische Methoden für geometrische Probleme.
- TOBIAS LENZ
Algorithmische Geometrie, algorithmische Topologie.
- ARES RIBÓ MOR
Geometrie, Kombinatorik.
- ANDRE SCHULZ
Algorithmische Geometrie, Pseudotriangulierungen.
- ASTRID STURM
Algorithmische Geometrie von Kurven und Flächen.
- MAIKE WALTHER
Algorithmische Geometrie.

Weitere Informationen

Prof. Dr. Helmut Alt
Takustr. 9
Raum 112
Tel.: 838-75160
alt@inf.fu-berlin.de

Prof. Dr. Günter Rote
Takustr. 9
Raum 110
Tel.: 838-75150
rote@inf.fu-berlin.de

PD Dr. Klaus Kriegel
Takustr. 9
Raum 115
Tel.: 838-75161
kriegel@inf.fu-berlin.de