

STUDIEN

Effiziente Algorithmen

für Studenten der Mathematik und Informatik
an der Freien Universität Berlin

Semesterheft Winter 2000/2001

UNIVERSITÄT
BERLIN

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 *C.G.C. (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-Graphik* 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.

Der Algorithmenzyklus beginnt wieder in diesem Wintersemester mit der Vorlesung "*Entwurf und Analyse von Algorithmen*", die Grundlage für alle weiterführenden Veranstaltungen des Gebiets ist. Die Vorlesung "*Auswählen und Entscheiden*" ist mehr mathematisch und weniger algorithmisch orientiert.

Das Seminar über "*Bioinformatik*" gibt einen Einblick in die algorithmischen Herausforderungen in diesem derzeit "heißen" Gebiet. Ein Seminar über "*Algorithmische Optimierung bei der Deutschen Bahn*" behandelt die sehr komplexen Optimierungsprobleme, wie sie in einem großen Betrieb wie der Deutschen Bahn auftreten. Einer der Dozenten (Frank Wagner) ist bei der Bahn beschäftigt und wird aus erster Hand Informationen über diese Probleme beitragen.

Das Praktikum über "*Computergrafik*" schließt an die gleichnamige Vorlesung im vergangenen Semester an. Im Praktikum "*Algorithmische Softwarebibliothek*" wird der Einsatz von Bibliotheken für effiziente Algorithmen wie LEDA und CGAL geübt.

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 III* und *Einführung in die Diskrete Mathematik* abgedeckt. Zum Studienschwerpunkt verwandte Veranstaltungen sind auch *Logik für Informatiker* und *Einführung in die Theoretische Informatik*.

- 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 2000/2001

Entwurf und Analyse von Algorithmen [EA1]

Dozent: Rote; Vorlesungszeit: Mo, Do 10-12 Uhr, 3-stündig, Beginn 19.10.

Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 005.

Übungen: Rote, Kaffanke, Knauer; n.V., 2-stündig;

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, 1990.

Auswählen und Entscheiden [ADM]

Dozent: Braß; Vorlesungszeit: Di 16-18 Uhr, 2-stündig;

Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.

INHALT: In vielen realen Situationen muss ein Sieger oder eine Gesamtwertung aus einer Alternativenmenge aufgrund einer Menge von Einzelinformationen bestimmt werden. Das reicht vom Kauf eines PC's über Investitionsentscheidungen in der Industrie bis zur Partnersuche. Legt man sich in der Struktur dieser Information auf ein bestimmtes Modell fest, entstehen interessante mathematische Fragen, etwa: wie bestimmt man den Sieger, wenn die Ergebnisse paarweiser Vergleiche zwischen allen Kandidaten bekannt sind (ein Turnier)? Oder: wie bestimmt man die beste Alternative, wenn die Alternativen durch verschiedene Kriterien je in eine Reihenfolge gebracht wurden? Für solche Modelle kann man verschieden natürliche Eigenschaften definieren, etwa Monotonie, Pareto, Symmetrie usw.; man kann das Erfülltsein dieser Eigenschaften für verschiedene Auswertungsverfahren untersuchen, manche Verfahren durch ihre Eigenschaften charakterisieren, oder die Unvereinbarkeit mancher natürlichen Forderungen zeigen. Derartige Untersuchungen haben bereits zu zwei Nobelpreisen der Wirtschaftswissenschaften geführt (Kenneth Arrow 1972 und Amartya Sen 1998), sie sind jedoch ihrer Natur nach mathematische Fragen,

in die diese Vorlesung einführen soll.

**Diplomanden- und Doktorandenseminar
Theoretische Informatik**

[EA2, ADM]

Dozent: Alt, Rote, Felsner, Braß, Kriegel; Vorlesungszeit: Di, Do, Fr 12-13 Uhr; 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.

**Seminar Ausgewählte Kapitel
der Bioinformatik**

[EA2, ADM, ANW]

Dozent: Felsner, Kriegel; Vorlesungszeit: n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Takustraße 9;

INHALT: Eines der grossen wissenschaftlichen Projekte der letzten Jahre ist die Entschlüsselung der menschlichen DNA. Dazu mussten nicht nur neue biologische Techniken entwickelt werden, sondern zum Umgang und zur Interpretation des gewaltigen Datenmaterials waren auch maßgeschneiderte algorithmische Methoden erforderlich. In diesem Seminar wollen wir uns mit einigen Arbeiten auch der inzwischen sehr umfangreichen Literatur zur Bioinformatik auseinandersetzen. Eine Einführung in die notwendigen Grundlagen der Molekularbiologie ist Bestandteil des Seminars. Im Mittelpunkt des Interesses stehen die mathematische Modellierung von biologischen Problemstellungen und die algorithmischen Ansätze zu ihrer Lösung.

**Seminar Algorithmische Optimierung
bei der Deutschen Bahn**

[EA2, ADM, ANW]

Dozent: Wagner, Hoffmann, Zeit: n.n., 2-stündig;

Veranstaltungsort: Takustraße 9; Vorbesprechung: 23.10., 16.00 Uhr

INHALT: Die Bahn ist eine Fundgrube für schwierige diskrete Optimierungsprobleme von enormer Größe. Die Fahrplankonstruktion, die Linennetzoptimierung, die Sitzplatzreservierung und die Infrastruktur (Transrapid ?, Neubaustrecke ?) sind nur Beispiele für einen Fundus von, mathematisch gespro-

chen, wunderschönen Problemen, die zu einem großen Teil bisher nur teilautomatisch gelöst werden. In diesem Seminar wollen wir an einigen Problemen von der Modellierung über die Datenbeschaffung bis zur Diskussion der theoretischen algorithmischen Literatur eine möglichst praxistaugliche (Software-) Lösung vorbereiten und eventuell prototypisch implementieren und experimentell auswerten. Die Präsentation der Ergebnisse findet im Blockform am Ende des Seminars statt.

Praktikum Algorithmische Softwarebibliotheken

[PR]

Dozent: Alt, Vorlesungszeit: nach Vereinbarung,
Veranstaltungsort: Takustraße 9.

INHALT: In den letzten Jahren hat die Implementierung in der Theorie entwickelter effizienter Algorithmen große Bedeutung gewonnen. Es sind mehrere Bibliotheken entstanden, in denen die wichtigsten Datentypen und Algorithmen zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere wurde die Bibliothek CGAL für geometrische Algorithmen entwickelt. Ziel des Praktikums ist eine Einführung in die Benutzung dieser Bibliotheken und ihre Verwendung zur Lösung einiger Probleme, z.B. aus der Verkehrsplanung, Computer-Graphik, der Robotik und geographischen Informationssystemen (GIS)

Praktikum Effiziente Algorithmen – Computergrafik

[PR]

Dozent: Rote, Vorlesungszeit: Do 14-17 Uhr, (ab 19.10.) Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 049.

INHALT: In Arbeitsgruppen sollen aus einfachen geometrischen Objekten (wie Polyedern und Rotationskörpern) aufgebaute dreidimensionale Szenen photorealistisch dargestellt werden. Wir werden Raytracing in Verbindung mit verschiedenen Schattierungstechniken wie Phong- oder Goraudshading, sowie Radiosity-Verfahren zur realistischen Wiedergabe von Beleuchtungsverhältnissen einsetzen. Dabei soll der Umgang mit Standardsoftware (povray, java3d, OpenGL) geübt werden. Durch das Zusammensetzen einzelner Bilder sollen kleine „Filme“ erzeugt werden. Wahlweise können die Projekte durch nichtklassische Darstellungsverfahren, verfälschte Perspektive, Weitwinkeloptik, Morphing usw. ergänzt werden.

Vorlesung des Europäischen Graduiertenkollegs***Combinatorics, Geometry and Computation***

[ADM]

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

Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 005.

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 Graphenalgorithmien, Gruppentheorie, kombinatorische Optimierung, konstruktive Approximation, Mustererkennung und zufällige diskrete Strukturen. Die Themen der Vorlesungen werden auch neben Raum 111 in der Takustraße 9 ausgehängt. (Interessenten können sich bei der Koordinatorin des Kollegs, Frau B. Felsner, 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: Takustraße 9, SR 005;

INHALT: Mitglieder und Dozenten des Kollegs sowie Gäste halten Vorträge zum Thema des Kollegs. Die einzelnen Vorträge im Kolloquium werden gesondert angekündigt. (Interessenten können sich bei der Koordinatorin des Kollegs, Frau B. Felsner, 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 2000/2001

- 23. Oktober 2000

GÜNTER ROTE, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN:

Max-Plus-algebra, matrix rank, and communication complexity.

- 30. Oktober 2000

GÜNTER M. ZIEGLER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN:

Fat Four-Polytopes.

- 6. November 2000
CHRISTIAN KRATTENTHALER, UNIVERSITÄT WIEN:
Über die Abzählung von Tilings, Plane Partitions, und dergleichen mehr.
- 13. November 2000
YINFENG XU, XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY CHINA:
Several Geometric MinMax Problems.
- 20. November 2000
RUDOLF MÜLLER, MAASTRICHT UNIVERSITY:
Combinatorial auction design - algorithms and economics.
- 27. November 2000
MANFRED PADBERG, NEW YORK UNIVERSITY:
Schnittebenenverfahren in der gemischt-ganzzahligen Optimierung
- 4. Dezember 2000
REINHARD DIESTEL, UNIVERSITÄT HAMBURG:
Graphenzerlegungen und Minoren.
- 11. Dezember 2000
MARTIN SKUTELLA, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN:
Facility location problems, cooperative games, and dependent randomized rounding.
- 18. Dezember 2000
VOLKER STRASSEN, UNIVERSITÄT KONSTANZ:
Entartung linearer und bilinearer Abbildungen.
- 8. Januar 2001
MARTIN GRÖTSCHEL, KONRAD-ZUSE-ZENTRUM BERLIN:
Paths and Cycles in Directed Graphs.
- 15. Januar 2001
CHRISTOPH HELMBERG, KONRAD-ZUSE-ZENTRUM BERLIN:
Semidefinite Optimierung.
- 22. Januar 2001
JORGEN BANG-JENSEN, UNIVERSITY OF SOUTHERN DENMARK AT ODENSE:
Paths and Cycles in Directed Graphs.

- 29. Januar 2001
ANDRÁS FRANK, EÖTVÖS LORÁND UNIVERSITY BUDAPEST:
Edge-connection of graphs and hypergraphs.

- 5. Februar 2001
JÜRIG NIEVERGELT, ETH ZÜRICH:
Exhaustive search, combinatorial optimization and enumeration:
Exploring the potential of raw computing power.

Die Kolloquiumsvorträge des Graduiertenkollegs im Winter 2000/2001

- 23. Oktober 2000
CHRISTIAN KNAUER, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN:
Matching polygonal curves with respect to the Fréchet distance.

- 30. Oktober 2000
AICKE HINRICHS, TEXAS A&M UNIVERSITY COLLEGE STATION:
Borsuks Vermutung und sphärische Codes.

- 6. November 2000
CAROLA WENK, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN:
Approximate matching of polygonal curves with respect to the Fréchet distance.

- 13. November 2000
HEIN VAN DER HOLST, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN:
High-dimensional flatness and knots in graphs.

- 20. November 2000
ANDREAS FEST, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN
Schedules mit maximaler Paralleltät.

- 27. November 2000
ANNEGRET WAGLER, KONRAD-ZUSE-ZENTRUM FÜR INFORMATIONSTECH-
NIK BERLIN :
Rang-perfekte und schwach rang-perfekte Graphen.

- 4. Dezember 2000
CARSTEN LANGE, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN:
Combinatorial Curvature of CW-Complexes.

- 11. Dezember 2000
DERYK OSTHUS, HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN:
Large Subgraphs with high density and high girth.
- 18. Dezember 2000
STEFAN HOUGARDY, HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN:
Approximation Algorithms for the Steiner Tree Problem.
- 8. Januar 2001
ARIE KOSTER, KONRAD-ZUSE-ZENTRUM FÜR INFORMATIONSTECHNIK BERLIN:
Graph Coloring and Frequency Assignment.
- 15. Januar 2001
ANDREAS EISENBLÄTTER, KONRAD-ZUSE-ZENTRUM FÜR INFORMATIONSTECHNIK BERLIN:
k-Partitionierung: semidefinite Schranken für ein Frequenzplanungsproblem.
- 22. Januar 2001
JULIAN PFEIFLE, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN:
Centrally symmetric neighborly fans with $2d + 4$ rays do not exist.
- 29. Januar 2001
LAURA HEINRICH-LITAN, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN:
Nächste Nachbar Suche in Hohen Dimensionen.
- 5. Februar 2001
STEFAN E. SCHMIDT, NEW MEXICO STATE UNIVERSITY:
Block Space-Time Codes in Wireless Communication.

Weitere Veranstaltungen an der Freien Universität

- Computeralgebra (VL); Dozent: Gattermann.
- Codierungstheorie (VL); Dozent: Aigner.
- Bioinformatik - Algorithmen und Anwendungen (VÜ); Dozent: Schulze-Kremer

Europäisches Graduiertenkolleg
Berlin ————— **Zürich**
Combinatorics, Geometry, and Computation

In dem neu bewilligten Kolleg sind in Berlin und Zürich zum 1. Januar 2001 Stellen für

Doktorand(inn)en

mit überdurchschnittlichem Studienabschluss in Mathematik, Informatik oder einem verwandtem Gebiet für zwei Jahre zu vergeben.

Das Kolleg ist eine gemeinsame Initiative der ETH Zürich, der drei Berliner Universitäten – Freie Universität, Technische Universität und Humboldt-Universität –, und dem Konrad-Zuse-Zentrum für Informatik Berlin. Die deutschen Partner finanzieren sich aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

Die Stipendien in Berlin werden nach den Richtlinien der DFG bemessen und betragen monatlich bis zu DM 2.870,- steuerfrei (Familienzuschlag DM 400,-). Das wissenschaftliche Programm reicht von theoretischen Grundlagen bis hin zu Anwendungen. Die Forschungsgebiete sind Kombinatorik, Geometrie, Optimierung, Algorithmen und Berechnung, sowie Computer Graphik und Vision.

Am Studienort Berlin werden die Stipendiaten von den Professoren Aigner, Alt, Rote und Schulz (FU), Möhring, Ziegler (TU), Prömel (HU) und Grötschel (ZIB) betreut. Zu den Bewerbungsunterlagen der Doktorand(inn)en gehören Lebenslauf, Zeugniskopien, Examensarbeit, Gutachten des letzten Betreuers und Vorstellungen zum gewünschten Promotionsvorhaben. Alle Unterlagen sind zwischen dem 20. Oktober und 08. November 2000 bei dem Sprecher des Kollegs in Berlin einzureichen. Sprecher des Kollegs

Prof. Dr. Helmut Alt
Institut für Informatik
Freie Universität Berlin
Takustraße 9
D-14195 Berlin

b.w.

Weitere Informationen sind erhältlich bei
Bettina Felsner
Tel. ++49-30-838 75 104
bfelsner@inf.fu-berlin.de

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

3 Diplomarbeiten, Dissertationen, Projekte

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

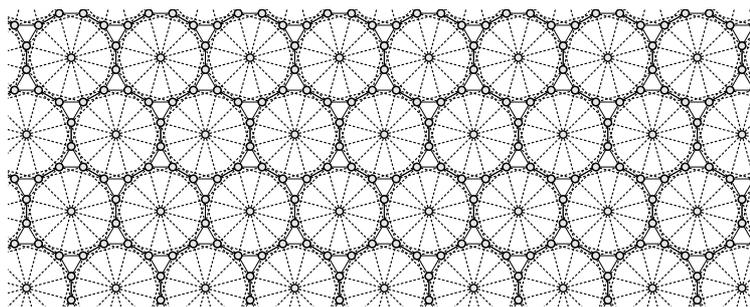
Diplomarbeit: Über die maximale Anzahl der kürzesten und zweitkürzesten Abstände in einer endlichen Punktmenge in der Ebene

Diplomand: Emanuel Minetti, Betreuer: Peter Braß

Die Häufigkeit des kürzesten Abstandes in einer endlichen Punktmenge wurde ursprünglich wegen der alternativen Interpretation als Anzahl berührender Paare in einer Packung von kongruenten Kreisen untersucht.

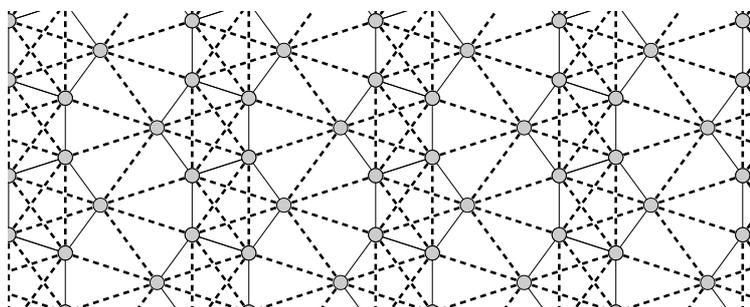
In diesem Kontext wurde die maximale Häufigkeit bestimmt: es gibt höchstens $\lfloor 3n - \sqrt{12n - 3} \rfloor$ kürzeste Abstände in einer Menge von n Punkten in der Ebene (Harborth 1974). Auch Varianten wie Punkte in konvexer oder allgemeiner Lage wurden untersucht.

Da es ein berühmtes offenes Problem ist, zu bestimmen, wie oft derselbe Abstand in einer Menge von n Punkten in der Ebene vorkommen kann, diese Frage aber speziell für den kleinsten Abstand leicht zu beantworten war, wurde dann die Frage nach der Häufigkeit des zweitkleinsten, ..., j -kleinsten Abstandes untersucht. Für den zweitkleinsten Abstand ergab sich, dass er höchstens $\frac{24}{7}n - O(\sqrt{n})$ mal vorkommt, und eine Packung von Zwölfecken mit Mittelpunkt die extremale Punktmenge ist. Dabei ist das Maximum ein scharfes Maximum: für jedes andere Verhältnis $\frac{d_1}{d_2}$ der Längen des kleinsten und zweitkleinsten Abstandes ist nur $3n - O(\sqrt{n})$ möglich.



In einer Arbeit von Csizmadia 1999 wurden dann die Summe der Häufigkeit des kleinsten und zweitkleinsten Abstandes betrachtet; diese ist höchstens $6n - O(\sqrt{n})$ (Vesztergombi 1987), und auch dieses ist ein scharfes Maximum, das nur im Dreiecksgitter ($\frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{\sqrt{3}}$) erreicht wird. Csizmadia gab nun für die übrigen Längenverhältnisse Schranken an, die jedoch nicht scharf waren.

In dieser Diplomarbeit wurden nun die scharfen Schranken für jedes vorgegebene Längenverhältnis bestimmt. Dabei zeigt sich, daß es fünf Werte mit scharfen Maxima gibt, die zu den Längenverhältnissen im regelmässigen Vier-, Fünf-, Sechs-, Zwölf- und ∞ -Eck korrespondieren, sowie zwei besondere Intervalle (zwischen Fünf- und Sechseck, sowie zwischen Zwölf- und ∞ -Eck). Für alle übrigen Längenverhältnisse ist die Summe der Häufigkeit des kleinsten und zweitkleinsten Abstandes höchstens $3n - O(\sqrt{n})$, was ja bereits mit dem kleinsten Abstand alleine zu erreichen ist.



Diplomarbeit: Zufällige Erzeugung von Catalan-Objekten

Diplomandin: *Dorothea Rochusch*, Betreuer: *Stefan Felsner*

An vielen Stellen wird immer wieder festgestellt, daß deterministische Algorithmen kompliziert sind und lange brauchen, um zu einem Ergebnis zu kommen,

während randomisierte Algorithmen oft mit einem sehr einfachen Programm in kurzer Zeit hinreichend gute Ergebnisse liefern. Ein Beispiel dafür ist der oft betrachtete Primzahltest. Aus diesem Grund ist man daran interessiert, immer kompliziertere Strukturen zufällig erzeugen zu können, wenn nur von einem Zufallsgenerator für ganzzahlige Werte bzw. rationale Zahlen in einem festen Bereich ausgegangen werden kann.

In dieser Arbeit werden verschiedene Algorithmen zur zufälligen Erzeugung von Catalan-Objekten vorgestellt und analysiert. Das sind zum Beispiel die binären Bäume mit n inneren Knoten oder die Triangulierungen eines konvexen $(n + 2)$ -gons. Die betrachteten Algorithmen bauen auf sehr verschiedenen Ansätzen auf, wie Markov-Ketten, Ranking-Funktionen oder schrittweise Erzeugung der gewünschten Struktur. Vor allem die Analysetechniken für Markov-Ketten sind allgemeinerer Natur und lassen sich nicht nur bei diesem Problem anwenden.

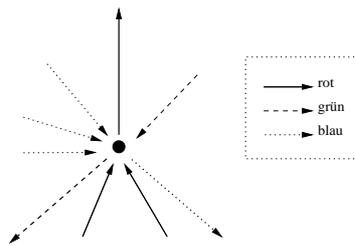
Sicherlich können nicht alle gleichermaßen in der Praxis eingesetzt werden, dennoch liefern sie einen guten Überblick über die Möglichkeiten, Algorithmen zur zufälligen Erzeugung festgelegter Strukturen aufzubauen, und zu analysieren.

Diplomarbeit: Schnyder-Einbettung und 4-Färbung

Diplomand: *Enno Brehm*, Betreuer: *Stefan Felsner*

Eine Schnyder-Einbettung eines maximal planaren geometrischen Graphen basiert auf einer Orientierung und Färbung der inneren Kanten mit 3 Farben (hier: rot, grün, blau), so daß für jeden *inneren* Knoten folgende Eigenschaften erfüllt sind:

- es existiert genau eine ausgehende Kante in jeder Farbklasse (es gibt keine Beschränkungen für die Anzahl der eingehenden Kanten)
- die ein- und ausgehenden Kanten treten um einen Knoten gegen den Uhrzeigersinn in folgender Reihenfolge auf: rote ausgehende Kante, blaue eingehende Kanten, grüne ausgehende Kante, rote eingehende Kanten, blaue ausgehende Kante, grüne eingehende Kanten:



Es ist bekannt, daß eine solche Färbung immer existiert; mit der Hilfe dieser Schnyder-Färbungen lassen sich kompakte, geradlinige Einbettungen konstruieren.

In einer Schnyder-Färbung existieren zu jedem inneren Knoten drei ausgezeichnete Nachbarn, die durch die ausgehenden Kanten bestimmt sind. Diese Eigenschaft soll benutzt werden, eine zufällige 4-Färbung der Knoten in eine zulässige Färbung zu überführen (die Existenz einer zulässigen Färbung folgt aus dem 4-Farben-Satz), indem lokale Korrekturen durchgeführt werden: man wählt eine Kante, die zwei gleichfarbige Knoten verbindet, und betrachtet deren Anfangsknoten. Für diesen wird nun eine neue Farbe derart bestimmt, daß sich mit seinen drei ausgezeichneten Nachbarn keine Konflikte ergeben – unter Umständen können dadurch mit den anderen Nachbarn neue Konflikte entstehen.

Basierend auf dieser Idee soll ein Werkzeug entstehen, daß es ermöglicht, interaktiv mit diversen Parametern dieses Algorithmus zu experimentieren und sein Verhalten auf verschiedenen Klassen von Graphen zu erforschen. Zu den Parametern gehören beispielsweise verschiedene Strategien zur Auswahl einer zwei gleichfarbige Knoten verbindenden Kante und zur Bestimmung einer neuen Farbe für einen Knoten. Auch die zugrundeliegende Färbung und Orientierung der Kanten ist im allgemeinen nicht eindeutig, auf deren Konstruktion soll ebenfalls Einfluss genommen werden können.

Diplomarbeit: Stückweise lineare Approximation von Kurven

Diplomand: *Oliver Timm*, Betreuer: *Helmut Alt*

In der Computergraphik werden häufig graphische Objekte durch Kurven (z.B. in parametrisierter Form) repräsentiert. Meist erwarten viele graphische Applikationen auch die Darstellung in stückweiser linearer Form (Polygonzug). Daher ist es wichtig, die erste Form durch die zweite effizient approximieren zu können.

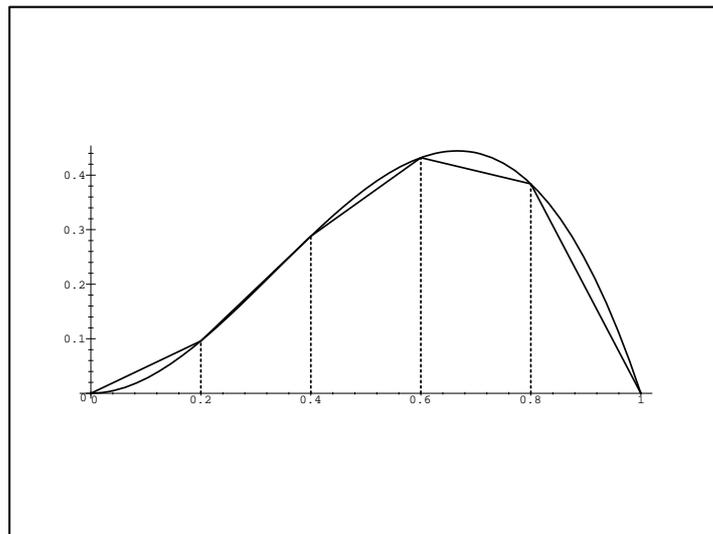


Abbildung 1: Stückweise lineare Approximation eines x-monotonen Polygonzuges in einer vorgegebenen Fehlertoleranz

In einem anderem Fall liegt eine Kurve in stückweiser linearer Form und mit einer großen Anzahl von Kanten bereits vor. Um die Operationen auf dieser Kurve zu beschleunigen und um Speicherplatz zu sparen, soll diese durch eine weitere stückweise lineare Kurve mit weniger Kanten approximiert werden, ohne daß dabei die geometrische Form der Kurve verloren geht.

Im allgemeinen geht es um die Lösung folgender zwei Probleme:

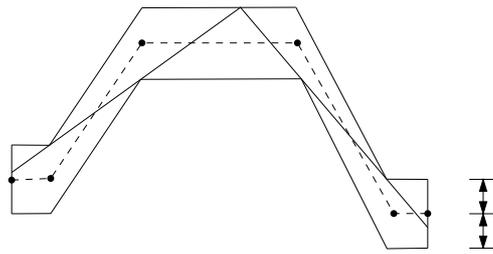


Abbildung 2: Stückweise lineare Approximation einer parametrisierten Kurve

1. Minimalisierung der Kantenanzahl, ohne dabei eine vorgegebene Fehler-toleranz zu überschreiten
2. Minimalisierung des Approximationsfehlers, bei vorgegebener Kanten-zahl

In der Diplomarbeit sollen die verschiedenen Methoden der stückweisen linearen Approximation vorgestellt und analysiert werden. Hier soll bezüglich der Art (parametrisiert/stückweise linear) und der Eigenschaft (x-monoton/konvex/ offen/ geschlossen) der Kurven unterschieden und verschiedene Abstandsmaße zur Fehlerermittlung herangezogen werden.

Dissertation: Nächste-Nachbar-Suche in hohen Dimensionen und Externe Algorithmen

Doktorandin: *Laura Heinrich-Litan*, Betreuer: *Helmut Alt*

Für viele Anwendungen, wie zum Beispiel Ähnlichkeitsanfragen in multimedialen Datenbanken, Mustererkennung, Data Mining und Video Kompression, werden Methoden benötigt, die zu einer gegebenen Menge von Punkten $P \subset \mathbb{R}^d$ und einem spezifizierten Punkt $q \in \mathbb{R}^d$, effizient den oder die nächsten Nachbarn aus P zu q finden. Der Abstand wird in einer der Minkowski-Metriken $L_1, L_2, \dots, L_\infty$ definiert. Diese Suche nennt man Nächste-Nachbar-Suche, und das Problem, dafür effiziente Datenstrukturen und Algorithmen zu entwickeln, ist das Nächste-Nachbar-Problem. Bei vielen Methoden oder Datenstrukturen, die für das Nächste-Nachbar-Problem entwickelt wurden, wird angenommen, daß die Dimension d eine kleine Konstante ist. Die Laufzeit, der Speicherbedarf oder die Vorverarbeitungszeit dieser Methoden sind exponentiell in der Dimension d . In vielen Anwendungen ist aber die Dimension d

des Suchraumes sehr groß und deswegen verbietet sich eine in d exponentielle Laufzeit. Im Prinzip konkurrieren alle Algorithmen mit der naiven *Bruteforce-methode*, die $\Theta(nd)$ Zeit für Minkowski-Metriken kostet, keine Vorverarbeitung und nur Speicherplatz für P benötigt. Die *Boxmethode* (entwickelt von Hoffmann und Alt 1998) bestimmt aus einer gegebenen Menge P von Punkten im reellen Einheitswürfel $[0, 1]^d$ den nächsten Nachbarn zu einem Punkt $q \in [0, 1]^d$ bezüglich der durch die Maximumnorm induzierten Metrik L_∞ . Der Algorithmus hat unter der Voraussetzung, daß die Punkte aus P und der spezifizierte Punkt q gleichverteilt aus $[0, 1]^d$ sind, die erwartete Laufzeit $O(\frac{nd}{\ln n})$. Varianten der Boxmethode habe ich für das k -Nächste-Nachbar-Problem, zur Bestimmung der k nächsten Nachbarn zu q , erweitert und analysiert. Zukünftig werde ich die Boxmethode bei Zugrundelegung von anderen Wahrscheinlichkeitsverteilungen untersuchen. Von Interesse bleibt auch eine experimentelle Untersuchung, ob diese Methoden in praktischen Anwendungen, wie zum Beispiel bei der Datenbanksuche, sinnvoll einsetzbar sind.

Bei der Entwicklung von Algorithmen für Anwendungen mit sehr großen Datenmengen (large-scale applications), die nicht in den Hauptspeicher passen, ist es wichtig die Input/Output (I/O) Kommunikation zwischen Hauptspeicher und dem langsameren, sekundären Speicher zu minimieren. Geographische Informationssysteme (GIS) und Datenbanksysteme sind gute Beispiele für solche Anwendungen, die immense Datenmengen verarbeiten. Externe Algorithmen (I/O Algorithmen) werden für das theoretische 2-Schichten-Berechnungsmodell entwickelt, wobei das Speichersystem aus einem Hauptspeicher und einer Anzahl von externen Speichergeräten (Disks) besteht. Die Kommunikation erfolgt blockweise, d.h. die Daten werden in Blöcken von zusammenhängenden Daten übertragen. Das von Aggarwal und Vitter eingeführte I/O-Berechnungsmodell ist durch folgende Parameter spezifiziert : M die Anzahl von Elementen (items), die in den Hauptspeicher passen, N die Anzahl der Elemente der Problem Instanz, B die Anzahl von Elementen pro Block und D die Anzahl der Disks, wobei $B \geq 1$ und $B \leq M < N$. Eine I/O-Operation ist eine Lese- oder Schreiboperation eines Blockes aus dem oder in den sekundären Speicher. Ziel ist die Entwicklung solcher Algorithmen, welche sowohl die Anzahl von I/O-Operationen als auch die Anzahl von internen Operationen (die CPU-Zeit) minimieren. Mein Interesse liegt in der Entwicklung eines effizienten, externen Algorithmus für das Nächste-Nachbar Problem in hohen Dimensionen.

Dissertation: Methoden der algorithmischen Geometrie in der Mustererkennung

Doktorand: *Christian Knauer*, Betreuer: *Helmut Alt*.

Die algorithmische Geometrie beschäftigt sich mit dem Entwurf und der Analyse von effizienten Datenstrukturen und Algorithmen zur Lösung von geometrisch motivierten Problemstellungen. Typische Beispiele für solche Problemstellungen sind etwa die Berechnung der konvexen Hülle einer Punktmenge oder die Berechnung aller Schnittpunkte einer Menge von Liniensegmenten.

Auch in der Mustererkennung trifft man auf solche geometrischen Fragestellungen: Zu zwei Mengen von Liniensegmenten in der Ebene, M (dem *Muster*) und B (dem *Bild*) der Kardinalität $m = \#M$ und $b = \#B$ suchen wir in einer Menge von *zulässigen Transformationen* \mathcal{T} (z.B. Translationen oder starre Bewegungen) eine Abbildung t , die $\delta_H(t(M), B)$, den *einseitigen Hausdorff-Abstand* von $t(M)$ nach B , minimiert. Dabei ist $\tilde{\delta}_H(t(M), B)$ der größte Abstand, den ein Punkt aus $t(M)$ zu seinem nächsten Nachbarn in B hat

$$\tilde{\delta}_H(t(M), B) = \max_{p \in t(M)} \min_{q \in B} \|p - q\|,$$

also ein Maß dafür, wie „ähnlich“ $t(M)$ zu einem Teilmuster von B ist.

Mit zunehmender Anzahl der Freiheitsgrade der zulässigen Transformationen wird auch die Lösung des Problems aufwendiger. So kann der einseitige Hausdorff-Abstand von M nach B auf einer arithmetischen RAM noch in $\mathcal{O}((b+m)\log(b+m))$ Schritten (uniformes Kostenmaß) berechnet werden ($\mathcal{T} = \emptyset$), während die Laufzeit des derzeit asymptotisch besten Algorithmus zum Auffinden einer optimalen Translation bereits von der Größenordnung $\mathcal{O}((bm)^2 \log^3 bm)$ ist.

Obwohl die Fragestellung sehr stark aus der Anwendung heraus motiviert ist, und die theoretischen Grundlagen bereits weitgehend vorhanden sind, fehlen Implementierungen der entwickelten Verfahren, mit deren Hilfe die Praktikabilität dieser Algorithmen beurteilt werden könnte. Die Realisierung der Algorithmen wird im wesentlichen durch die folgenden Probleme erschwert:

- Oftmals kommen komplexe Datenstrukturen (z.B. Voronoi-Diagramme von Liniensegmenten) und Methoden (z.B. parametrische Suche) zum Einsatz.

- Geometrische Daten müssen durch Zahlentypen beschränkter Genauigkeit im Rechner repräsentiert werden; dem gegenüber steht das idealisierte Rechnen mit reellen Zahlen - eine Annahme, die beim Entwurf der meisten Algorithmen zugrunde gelegt wird.

Dies wirft eine Reihe von Fragen auf, denen man bei der Implementierung von geometrischen Algorithmen immer wieder begegnet, die also nicht unbedingt spezifisch für aus der Mustererkennung motivierte Anwendungen sind:

- Können asymptotisch gute Verfahren auch effizient in die Praxis umgesetzt werden?
- Lohnt es sich, an Stelle von asymptotisch optimalen Verfahren, „schlechtere“, aber konzeptionell einfachere - und damit auch leichter zu implementierende - Methoden zu verwenden?
- Lohnt es sich, an Stelle von exakten Verfahren, approximative, aber schnellere und konzeptionell einfachere Methoden zu verwenden (z.B. Referenzpunktmethoden)?
- Mit welcher Genauigkeit muß gerechnet werden, um die topologische Korrektheit des Endresultates garantieren zu können, bzw. um eine vorgegebene Fehlerschranke nicht zu überschreiten?

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:

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

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: Geometrische Mustererkennung in höheren Dimensionen

Doktorandin: *Carola Wenk* Betreuer: *Helmut Alt*.

Seien A und B zwei triangulierte Flächen im Raum. Wie ähnlich sind sich A und B ? Als erstes muß ein Abstandsmaß gewählt werden. Dabei kommt die Fréchet-Metrik nicht in Frage, da, wie Michael Godau in seiner Dissertation gezeigt hat, schon das Entscheidungsproblem NP-schwer ist. Deshalb betrachten wir zunächst den Hausdorff-Abstand, der für $n = \max(|A|, |B|)$ in $O(n^3 \log^3 n)$ berechnet werden kann.

In der Regel soll es aber erlaubt sein, aus einer Menge von Abbildungen, z.B. Translationen, diejenige herauszusuchen, die den Hausdorff-Abstand minimiert. Eine derartige Problemstellung gestaltet sich in höheren Dimensionen, d.h. in Dimensionen ≥ 3 , weitaus schwieriger. Betrachten wir das Entscheidungsproblem, ob es für ein gegebenes ϵ eine Translation t gibt, so daß der

gerichtete Hausdorff-Abstand $\vec{d}_H(A+t, B) \leq \epsilon$ ist. Das ist aber äquivalent dazu, daß $t \in S_\epsilon := \bigcap_{a \in A} \overline{B^\epsilon} \oplus (-a)$, wobei B^ϵ die ϵ -Umgebung von B , ein waagerechter Strich das Komplement und \oplus die Minkowskisumme bezeichnen. Die Berechnung von S_ϵ hängt unter anderem davon ab, $B^\epsilon = \bigcup_{b \in B} b^\epsilon$ effizient zu berechnen. Da B^ϵ als ein ebener Schnitt der Voronoi-Fläche von B an Höhe ϵ aufgefaßt werden kann, hängt eine effiziente Berechnung von B^ϵ direkt mit der (kombinatorischen) Komplexität der Voronoi-Fläche, und damit auch mit dem Voronoi-Diagramm von B zusammen. Für Voronoi-Diagramme von Mengen, die statt Punkten Strecken oder Dreiecke enthalten, gibt es bisher wenige nicht-triviale Ergebnisse. Die triviale Annahme, daß die Komplexität von B^ϵ in d Dimensionen $O(n^d)$ ist, beschränkt die von S_ϵ auf $O(n^{d^2+d})$. Für Mengen von Objekten, für die sich die Vermutung, daß B^ϵ eine Komplexität von $O(n^{\lceil \frac{d}{2} \rceil})$ hat bestätigt, kann S_ϵ eine Komplexität von $O(n^{\lceil \frac{d}{2} \rceil d+d})$ haben. Wenn A nur aus Punkten besteht, geht die Dimension nicht mehr quadratisch sondern nur noch linear im Exponenten ein. Untere Schranken gibt es in höheren Dimensionen bisher nur für Spezialfälle.

Von theoretischem Interesse ist es nun herauszufinden, ob es doch eine Möglichkeit gibt, weniger grobe Abschätzungen zu verwenden. So wurde in einer neuen Arbeit von Agarwal und Sharir für Strecken und sich nicht überschneidende Dreiecke im \mathbb{R}^3 unter Verwendung der euklidischen Metrik gezeigt, daß B^ϵ eine Komplexität von $O(n^{2+\delta})$ für beliebiges $\delta > 0$ hat, was fast der Vermutung $O(n^2)$ entspricht. Weiterhin sind auch andere Klassen von Abbildungen, wie z.B. starre Bewegungen, von Interesse, jedoch aufgrund der vielen Freiheitsgrade gerade in höheren Dimensionen schwierig zu handhaben. Für die Praxis stellt sich die Frage nach Approximationsmöglichkeiten oder einfacheren Spezialfällen, in denen die Laufzeit der Algorithmen überschaubarer ist.

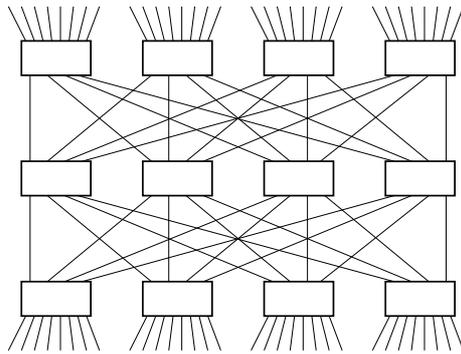
Projekt: Storage Area Network Optimization (SANO)

Helmut Alt, Stefan Felsner, Ludmilla Scharf

Dieses Projekt ist eine Zusammenarbeit mit Ancor Communications, dem weltweit führenden Hersteller von Fibre Channel Switches. Diese Switches sind Bausteine für grössere Storage Area Networks (SAN). Im Rahmen des Projekts werden Bedarfsabschätzungen zur Optimierung des Routings in solchen Netzwerken verwendet.

Konkret verbindet ein SAN eine Menge von Maschinen mit mit einer Menge

von Datenspeichern, die Abbildung zeigt ein typisches SAN. Für jedes Paar (M_i, D_j) , M_i Maschine, D_j Speicher ist ein Wert $r_{i,j}$ vorhanden, der den erwarteten Kommunikationsbedarf zwischen M_i und D_j beschreibt. Gesucht wird ein Routing mit dem die Last aller Kanten im Netzwerk unter ihrer Kapazität gehalten wird. In unserem Ansatz versuchen wir die Last der maximal belasteten Kante möglichst gering zu halten.



Das Problem ist NP -vollständig. Erste Experimente deuten allerdings an, daß man mit geschickten Algorithmen in fast allen Fällen sehr dicht an das Optimum herankommt. Einige unserer Pläne für die nächste Zeit sind:

- Weitere Experimente auf komplizierteren Netzwerken.
- Verbessern der Approximationsfaktoren.
- On-line Versionen des Problems.

Projekt: GALIA¹

Helmut Alt, Sven Schönherr.

Ziel dieses Gemeinschaftsprojekts von sieben Arbeitsgruppen in Utrecht, Zürich, Berlin, Sophia Antipolis, Saarbrücken, Halle und Tel Aviv ist die Weiterentwicklung einer robusten, einfach zu benutzenden und effizienten C++ Bibliothek von geometrischen Algorithmen ("CGAL")². Sie enthält

¹GALIA steht für "GEOMETRIC ALGORITHMS FOR INDUSTRIAL APPLICATION".

²CGAL steht für "COMPUTATIONAL GEOMETRY ALGORITHMS LIBRARY".

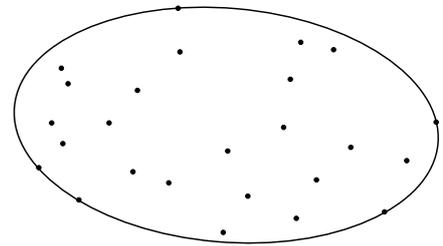
- grundlegende geometrische Datentypen und Operationen, z.B. Punkt, Vektor und Gerade (*kernel*),
- klassische geometrische Algorithmen, z.B. konvexe Hülle und Voronoi-Diagramm (*basic library*),
- Schnittstellen zu anderer Software, z.B. für Ein-/Ausgabe und Visualisierung (*support libraries*) und
- Erweiterungen für bestimmte Anwendungsgebiete, z.B. geografische Informationssysteme und Mustererkennung (*extension packages*).

Es werden zum einen theoretische Probleme untersucht, z.B. die Behandlung degenerierter Fälle und die Fehleranalyse bei Verwendung von Fließkomma-Arithmetik, als auch praktische Fragen behandelt, z.B. das Design von C++ Klassen und die Code-Optimierung.

Unsere Arbeitsgruppe beteiligt sich an der Entwicklung und Implementierung des „Kerns“, von Optimierungsalgorithmen, von Algorithmen zur Beschriftung von Landkarten und von Matchingalgorithmen für Muster und Formen.

Weitere Informationen sind unter

<http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-ti/projects/galia.de.html> erhältlich.

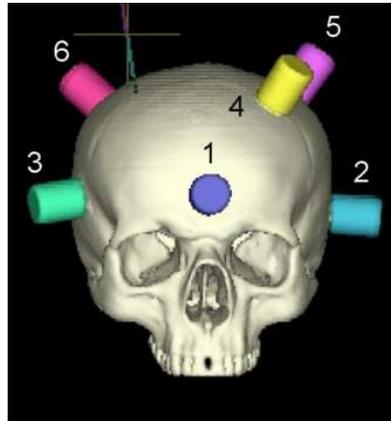


Ein Optimierungsproblem:
Kleinste umschließende Ellipse
von 25 Punkten.

Projekt: Registrierung in der computerunterstützten Chirurgie

Frank Hoffmann, Klaus Kriegel, Sven Schönherr, Carola Wenk.

Dieses Projekt wird in Kooperation mit der Firma Functional Imaging Technologies GmbH bearbeitet. Es geht dabei um Probleme der computergestützten Navigation bei neurochirurgischen Eingriffen. Ein präoperativ erstelltes 3-dimensionales Modellbild zeigt dem Operateur nicht nur die Position des zu entfernenden Tumors, sondern auch mögliche Wege dorthin an, die funktionelle Zentren im Gehirn umgehen. Die Hauptaufgabe des Navigationssystems besteht darin, während der Operation die jeweils aktuelle Position des Eingriffs in dieses Modellbild zu projizieren. Die Berechnung dieser Transformation basiert auf Markierungen, die auf der Kopfhaut befestigt sind. Diese Markierungen sind zum einen im Modellbild zu erkennen, zum anderen können sie unmittelbar vor der Operation durch ein sogenanntes Trackingsystem eingemessen werden. Mathematisch führt dies zu einem geometrischen Matching-Problem (Registrierung). Erschwert wird diese zunächst leicht erscheinende Aufgabe durch Messfehler, größere Probleme entstehen durch Verschiebungen oder das Fehlen von Markierungen. Das entwickelte Verfahren wird erfolgreich am Universitätsklinikum Benjamin Franklin bei Operationen eingesetzt.



Projekt: Point-Pattern-Matching zur Analyse von Gelbildern

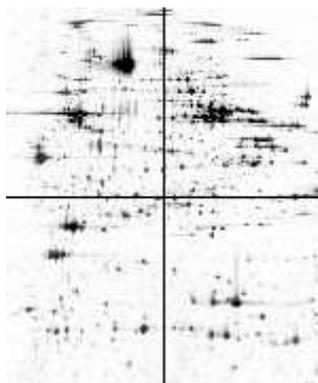
Helmut Alt, Frank Hoffmann, Klaus Kriegel, Christof Schultz, Carola Wenk.

Dieses von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Projekt wird gemeinsam vom Institut für Informatik der FU Berlin und dem Deutschen Herzzentrum Berlin bearbeitet. Gegenstand der Untersuchung sind 2-dimensionale

Gelbilder, die durch hochauflösende Gelelektrophorese-Techniken erzeugt werden.

Die 1975 von O'Farrell eingeführte Gelelektrophorese hat sich als die zentrale molekularbiologische Methode zur Analyse der Protein/DNA-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 basiert bisher die Auswertung der Gelbilder zu großen Teilen auf der genauen (und zeitaufwendigen) Betrachtung durch erfahrene Spezialisten.

Zielstellung des Projektes ist es, Algorithmen zur effektiven computergestützten Gelanalyse zu entwerfen, zu implementieren und im Internet zur Verfügung zu stellen. Dabei stellt das Matching eine der wesentlichen und auch zeitaufwendigsten Voraussetzungen für die quantitative und qualitative Datenanalyse von Protein-Gelbildern dar.



Die entsprechende algorithmische Problemstellung ist eine Variante der 2-dimensionalen Mustererkennung, wobei die besondere Schwierigkeit durch die geometrischen Verzerrungen in den Bildern gegeben ist. Durch die Komplexität der Gelelektrophorese an sich, sind auch 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

dem Programmsystem CAROL wurde eine erste Version dieses Analysetools realisiert (vgl. <http://gelmatching.inf.fu-berlin.de>). Im Rahmen einer Diplomarbeit wird zur Zeit die Phase der Spotdetektion, d.h. die Gewinnung einer geometrischen Bildbeschreibung aus den Pixel-Daten algorithmisch neu gelöst und ins CAROL-System eingebunden.

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

- PD DR. PETER BRASS
Kombinatorische Geometrie, Diskrete Geometrie, Konvexgeometrie, extremale Kombinatorik.
- DARKO DIMITROV
Bildverarbeitung, Computersehen, Flächenrekonstruktion aus dreidimensionalen Punktdaten.
- PD DR. STEFAN FELSNER
Algorithmen für Halbordnungen und Graphen, Algorithmische Geometrie, Kombinatorik.
- LAURA HEINRICH-LITAN
Algorithmische Geometrie, Externe Algorithmen, Nächste-Nachbar- Suche.
- DR. FRANK HOFFMANN
Algorithmische Geometrie, geometrische Online-Probleme, angewandte Matching-Probleme.
- ASTRID KAFFANKE
Algorithmische Geometrie, Graphentheorie.
- CHRISTIAN KNAUER
Algorithmische Geometrie, Implementierung von geometrischen Algorithmen, Ähnlichkeitsbestimmung von polygonalen Figuren.
- DR. ULRICH KORTENKAMP

Dynamische Geometrie, Orientierte Matroide, Nachbarschaftliche Polytope, Java.

- PD DR. KLAUS KRIEGEL

Graphalgorithmen und graphentheoretische Methoden für geometrische Probleme.

- LUTZ MEISSNER

Algorithmische Geometrie, Implementierung von geometrischen Algorithmen.

- CAROLA WENK

Algorithmische Geometrie, Shape Matching.

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

Dr. Stefan Felsner

Takustr. 9

Raum 117

Tel.: 838-75161

felsner@inf.fu-berlin.de