STUDIEN

Effiziente Algorithmen

für Studenten der Mathematik und Informatik
an der Freien Universität Berlin

Semesterheft Sommer 2000

SCHWERPUNKT

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–Graphik, 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 Graduiertenkolleg *Algorithmische Diskrete Mathematik* und das am 01.01.2000 beginnende neue, Europäische Graduiertenkolleg *C.G.C. (Combinatorics, Geometry, and Computation)*, das in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich durchgeführt wird. (Siehe auch die WWW-Seiten:
`http://www.inf.fu-berlin.de/gk-adm` und `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.
In diesem Sommersemester gibt es mehrere mögliche Fortsetzungen zur Vorlesung *"Entwurf und Analyse von Algorithmen"*. Zum einem bietet sich die Vorlesung *"Algorithmische Geometrie"* an, eine Einführung in das Hauptarbeitsgebiet der Arbeitsgruppe "Theoretische Informatik", an die sich die Vergabe von Diplom- oder Studienarbeiten anschließem kann. Gleiches gilt für die anderen Veranstaltungen des Hauptstudiums: Die Vorlesung *Computer-Graphik* behandelt ein wichtiges Anwendungsgebiet geometrischer Algorithmen. In der Vorlesung *"Geometrisches Rechnen"* werden möglichst elegante Formulierungen geometrischer Operationen untersucht, die eine einfache Implementierung ermöglichen. Die Vorlesung *"String Matching: Theorie und Anwendungen"* ist ein schönes Beispiel für die Anwendung kombinatorischer Algorithmen, insbesondere in der Bioinformatik. Die Vorlesung *"Diskrete Geometrie"* ist mehr mathematischer Natur, hat aber wichtige Verbindungen zur algorithmischen Geometrie. Es werden auch zwei Seminare angeboten, an die sich Studien und Diplomarbeiten anschließen können. Zum einen handelt es sich um ein Seminar über *"Diskrete Optimierung"*, einem Teilgebiet der Effizienten Algorithmen mit vielen wichtigen praktischen Anwendungen.

Das *"Seminar über Algorithmen"* wird sich schwerpunktmäßig mit symbolischem Rechnen befassen, zum einen mit Computer-Algebra, zum anderen mit den für Implementierungen wichtigen Robustheitsproblemen, insbesondere in der algorithmischen Geometrie.

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 Sommer 2000

Algorithmische Geometrie **[EA2]**

Dozent: Alt; Vorlesungszeit: Di, Mi 10-12 Uhr, 4-stündig;
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 005.
Übungen: Knauer; n.V., 2-stündig;

INHALT: Effiziente Algorithmen für geometrische Probleme, z.B. Finden der konvexen Hülle einer Punktmenge, Voronoi-Diagramme, geometrische Datenstrukturen, etwa zum Finden eines Punktes in einer ebenen Unterteilung. Anwendungen in Computer-Graphik, Muster- und Formerkennung, geographische Informationssysteme, CAD usw.

Literatur: Boissonnat, J.-D./Yvinec, M.: Algorithmic Geometry, Cambridge University Press, 1998.
Klein, R.: Algorithmische Geometrie, Addison-Wesley, 1997. de Berg, M./van Kreveld, M./ Overmars, M./ Schwarzkopf, O.: Computational Geometry: Algorithms and Applications, Springer-Verlag Berlin, 1997. Preparata, F.P./Shamos, M.I.: Computational Geometry: An Introduction, Springer-Verlag New York, 1985.

Computer-Graphik **[ANW]**

Dozent: Rothe; Vorlesungszeit: Mo, Do 10-12 Uhr, 4-stündig
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.
Übungen: Meißner; n.V., 2-stündig;

INHALT: Darstellung 3-dimensionaler Szenen im Rechner und deren Abbildung auf dem Bildschirm, Visualisierung wissenschaftlicher und technischer Vorgänge, geometrische Grundlagen; Entfernung verdeckter Kanten und Flächen; Beleuchtung und Schattierung; Erzeugung realistisch erscheinender Bilder durch "ray tracing" und "radiosity"; sonstige Methoden wie Konstruktion von Freiformflächen, Benutzung von Fraktalen usw. In den Übungen theoretische Aufgaben sowie kleinere Programmierprojekte.

Literatur: Foley/vanDam/Feiner/Hughes: Computer Graphics: Principles and Practice, 2. Ausgabe, Prentice Hall, 1990. Fellner: Computer-Grafik, BI-Wissenschaftsverlag, 1988.

Geometrisches Rechnen [ADM, EA2]

Dozent: Kortenkamp; Vorlesungszeit: Mi 16-18, Fr 10-12 Uhr,
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055,
Übungen: Kortenkamp; n.V., 1-stündig;

INHALT: Die Vorlesung behandelt die möglichst elegante Formulierung elementarer Operationen, wie sie in der Geometrie und verwandten Gebieten auftreten. Vorgesehene Themen sind u.a.:

- Komplexe Zahlen
- Projektive Geometrie
- Homogene Koordinaten
- Doppelverhältnisse und Determinanten
- Kegelschnitte
- Euklidische/Elliptische/Hyperbolische Geometrie
- Cayley-Klein Geometrien
- Randomisiertes Beweisen
- Dynamische Geometrie
- Orientierungen
- Triangulierungen

Literatur: Zur Vorlesung wird ein Skript ausgegeben. Weitere Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.

String Matching Algorithmen: Theorie und Anwendungen **[EA2, ANW]**

Dozent: Hoffmann; Vorlesungszeit: Di 14-16 Uhr, 2-stündig;
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.
Übungen: Kaffanke; n.V., 2-stündig;

INHALT: Der Inhalt dieser Vorlesung ist mit dem Inhalt der Veranstaltung Nr. 19557 abgestimmt. Der parallele Besuch beider Veranstaltungen wird empfohlen, ist aber nicht unbedingt erforderlich. Die Vorlesung behandelt Algorithmen und Datenstrukturen für das exakte und näherungsweise Matching von Strings und verwandte kombinatorische Probleme. Insbesondere eingegangen wird auf die Konstruktion und Verwendung von Suffixbäumen.Verbindungen zu Anwendungen, speziell in der Molekularbiologie, werden hergestellt.

Literatur: Gusfield, D.: Algorithms on strings, trees, and sequences, Cambridge University Press, 1997.

Diskrete Geometrie **[ADM]**

Dozent: Braß; Vorlesungszeit: Mo 8-10, Do 16-18 Uhr, 4-stündig;
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.
Übungen: Morawe; n.V., 2-stündig;

INHALT: In der Diskreten Geometrie untersuchen wir Eigenschaften von Punkt- und Geradenmengen, von Polygonen und Polyedern, Packungen, Überdeckungen, Parkettierungen und vieles mehr. All dieses findet in der anschaulichen euklidischen Ebene und dem Raum statt, vorausgesetzt werden in dieser Veranstaltung nur Geometriekenntnisse auf Schulniveau.

Diskrete Optimierung **[ADM]**

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

INHALT: Im Seminar werden klassische und neuere Arbeiten aus dem Bereich der Netzwerk-Optimierung behandelt. Ausgehend von dem in der Literatur genannten Übersichtsartikel, in dem 42 Anwendungen von Techniken der Netzwerk-Optimierung beschrieben werden, besprechen wir eine Auswahl dieser Anwendungen im Detail. Das Seminar ist als Ergänzung zur Vorlesung

Lineare Programmierung geeignet, kann aber auch auf der Basis von Entwurf und Analyse von Algorithmen oder Graphentheorie besucht werden.

Literatur: Ahuja, R./Magnanti, T./Orlin, J./Reddy, M.: Applications of Network Optimization, Handbooks in Operations Research and Management Sciences, Volume 7: Network Models, M.O.Ball et.al. Editors, 1995.

Seminar über Algorithmen [EA2]

Dozent: Alt, Rote; Vorlesungszeit: n.V., 2-stündig;
Veranstaltungsort: Takustraße 9;

Inhalt:
1. Computer-Algebra: u.a. schnelle Fourier-Transformation, schnelle Multiplikation von Zahlen, Polynomen, Matrizen, Resultantenkalkül, Gröbnerbasen.

2. Robustes Rechnen: Behandlung von Rundungsfehlern und numerischer Instabilität insbesondere bei geometrischem Rechnen

Literatur: von zur Gathen, J./Gerhard, J.: Modern Computer Algebra, Cambridge University Press, 19999, Originalarbeiten.

Diplomanden- und Doktorandenseminar Theoretische Informatik [EA2, ADM]

Dozent: Alt, Rote, Felsner, Braß; 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.

Vorlesung des Europäischen Graduiertenkollegs *Combinatorics, Geometry and Computation* [ADM]

Dozent: Alt 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 Graphenalgorithmen,

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 Kollegt, 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 Sommer 2000

- 8. Mai 2000
FRANZ AURENHAMMER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ:
Kantenoperationen auf nichtkreuzenden Spannbäumen.

- 15. Mai 2000
R.-H. MÖHRING, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN:
AND/OR-Netzwerke, Scheduling und Spiele auf Graphen.

- 22. Mai 2000
BRUNO BUCHBERGER, UNIVERSITÄT LINZ:
Computer-Algebra: Das Ende der Mathematik?

- 29. Mai 2000
HENK MEIJER, QUEEN'S UNIVERSITY, KINGSTON, CANADA:
Maximum Dispersion and Geometric Maximum Weight Cliques.

- 5. Juni 2000
Alessandro Panconesi, Universität Bologna:
wird noch bekanntgegeben

- 19. Juni 2000
Martin Dyer, University of Leeds:
Exact and approximate counting

- 26. Juni 2000
Leslie E. Trotter, Jr., Cornell University, z.Z. Lausanne:
wird noch bekanntgegeben.

- 10. Juli 2000
Joseph S. B. Mitchell, University at Stony Brook, USA:
Geometric Optimal Tour Problems: A Survey and Open Problems.

Die Kolloquiumsvorträge des Graduiertenkollegs im Sommer 2000

- 8. Mai 2000
Christian Haase, Technische Universität Berlin:
Reconstructing Polyhedra – Part I.

- 15. Mai 2000
Michael Naatz, Technische Universität Berlin:
Ein Zusammenhangslemma für Graphen.

- 22. Mai 2000
Stefan Felsner, Freie Universität Berlin:
Zeichnen planarer Graphen und Dimension von Polytopen.

- 29. Mai 2000
Marc Pfetsch, Technische Universität Berlin:
Reconstructing Polyhedra – Part II.

- 5. Juni 2000
Peter Brass, Freie Universität Berlin
Kombinatorische Geometrie in der Mustererkennung.

- 19. Juni 2000
Konrad Swanepoel:
Helly-type theorem for nonconvex sets.

- 26. Juni 2000
MARTIN HENK, UNIVERSITÄT MAGDEBURG:
Lattice Packings.
- 10. Juli 2000
MATTHIAS KRIESEL, UNIVERSITÄT HANNOVER:
Hamiltonkreise in Kantengraphen.

Weitere Veranstaltungen an der Freien Universität

- Ganzzahlige Programmierung (VL); Dozent: Helmberg.
- DNA- und Proteinsequenzvergleich; Dozent: Kleffe.
- Graphentheorie; Dozent: Schulz.

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

In dem neu bewilligten Kolleg sind in Berlin und Zürich zum 1. Oktober 2000 Stellen für

Doktorand(inn)en

mit überdurchschnittlichem Studienabschluss in Mathematik, Informatik oder einem verwandtem Gebiet für zwei Jahre zu vergeben. Außerdem ist zum gleichen Zeitpunkt jeweils die Stelle eines/r

Postdoktoranden/in

für maximal zwei Jahre zu besetzen.
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 Informationstechnik 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 2.690,– 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. Die beteiligten Professoren an der ETH Zürich sind Fukuda, Van Gool, M. Gross, Lüthi, Nievergelt, Richter-Gebert, Schiele, Welzl und Widmayer. Zu den Bewerbungsunterlagen der Doktorand(inn)en gehören Lebenslauf, Zeugniskopien, Examensarbeit, Gutachten des letzten Betreuers und Vorstellungen zum gewünschten Promotionsvorhaben. Von den Postdoktorand(inn)en werden neben Lebenslauf und Zeugniskopien die Dissertationsschrift, Sonderdrucke von Publikationen, Gutachten des letzten Betreuers und Vorstellungen zur geplanten wissenschaftlichen Arbeit erwartet. Die Sprecher des Kollegs

in Berlin

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

in Zürich

Prof. Dr. Emo Welzl
Institut für Theoretische Informatik
ETH Zentrum
CH-8092 Zürich

Informationen zu den Standorten

Bettina Felsner
Tel. ++49–30–838 75 104
`bfelsner@inf.fu-berlin.de`

Emo Welzl
Tel. ++41–1–63 273 92
`emo@inf.ethz.ch`

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

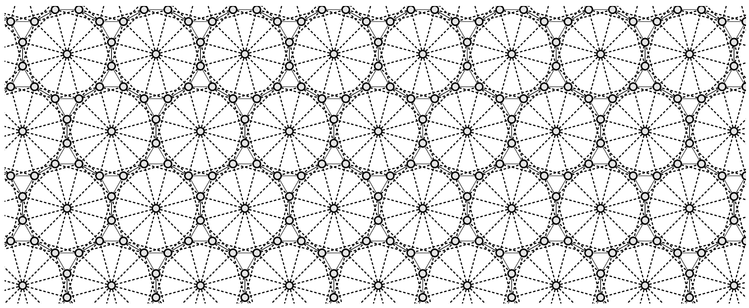
3 Diplomarbeiten, Dissertationen, Projekte

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

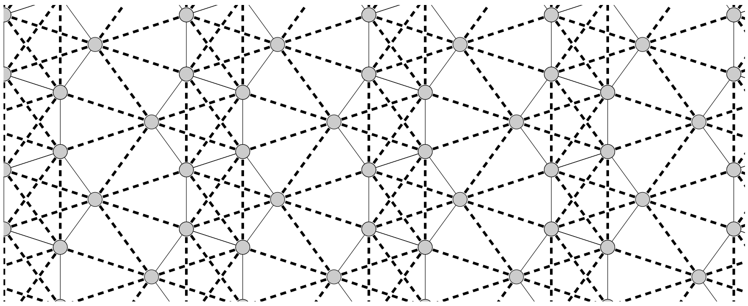
Diplomarbeit: Über die maximale Anzahl der kürzesten und zweitkürzesten Abstände in einer endlichen Punktmenge in der Ebene

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 Csizamdia 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*

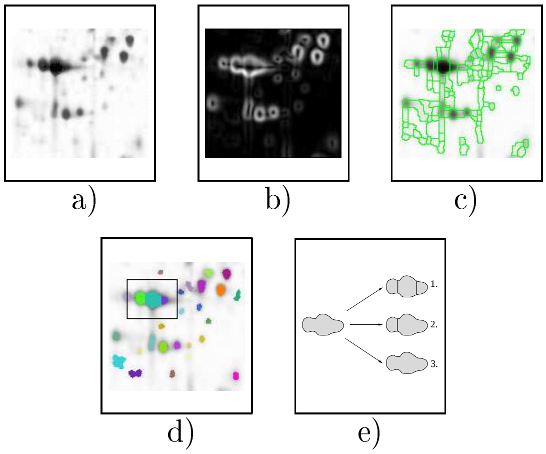
An vielen Stellen wird immer wieder festgestellt, daß deterministische Algorithmen kompliziert sind und lange brauchen, um zu einem Ergebnis zu kommen, während randomisierte Algorithmen oft mit einem sehr einfachen Programm in kurzer Zeit hinreichend gute Ergebnisse liefern. Ein Beispiel dafür ist der 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: Protein-Spot-Detektion in 2-DE Gelbildern

Diplomand: *Christof Schultz*, Betreuer: *Helmut Alt*

Zweidimensionale Elektrophorese (2-DE) Gelbilder entstehen durch hochauflösende Gelelektrophoresetechniken. Die Gelelektrophorese hat sich als eine wichtige molekularbiologische Methode zur Analyse der Protein- und DNA-Komponenten von Gewebeproben etabliert. Jeder "Spot" in einem Elektrophorese-Gelbild repräsentiert ein in der Probe auftretendes Protein. Die Analyse der Bilder hilft, molekulare und genetische Ursachen von Herzkrankheiten aufzudecken. Ziel der Protein-Spot-Detektion ist es, die Position und die Eigenschaften der Spots in diesen Bildern zu bestimmen. Dazu wurde ein Algorithmus entworfen, der auf der Wasserscheidentransformation basiert. Ein in einer Probe auftretendes Protein konzentriert sich in einer ellipsenförmigen Region im Gelbild, welche als Spot bezeichnet wird. Der Algorithmus berechnet aus einem digitalisierten Gelbild die Spotkoordinaten, die Intensität und die Spotausmaße. Er liefert auch eine Vorschlagsliste für nicht eindeutig identifizierbare Spots. Für die Segmentierung des Gelbildes wird die Wasserscheidentransformation benutzt. Im Idealfall besitzen Spots eine elliptische Form und sind voneinander separiert. Durch Faktoren, wie minimale Stromschwankungen während der Elektrophorese oder Inhomogenität der Gelmatrix, entstehen aber häufig komplexe Regionen, die bisher von Experten von Hand in einzelne Spots zerlegt werden. Die Herausforderung besteht nun darin, dieses Expertenwissen algorithmisch umzusetzen und in nicht eindeutigen Situationen gewichtete Lösungsvorschläge zu unterbreiten. Ziel der Arbeit ist es, einen schnellen, flexiblen und robusten Algorithmus zur Spotdetektion zur Verfügung zu stellen.



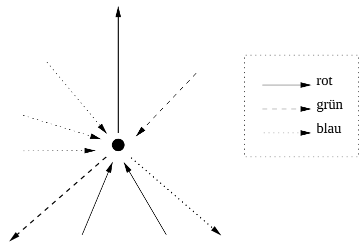
Darstellung der einzelnen Verarbeitungschritte: a) Original-Bild, b) Gradienten-Bild, c) Wasserscheidenlinien, d) erkannte Spotregionen, e) Lösungsvorschläge

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.

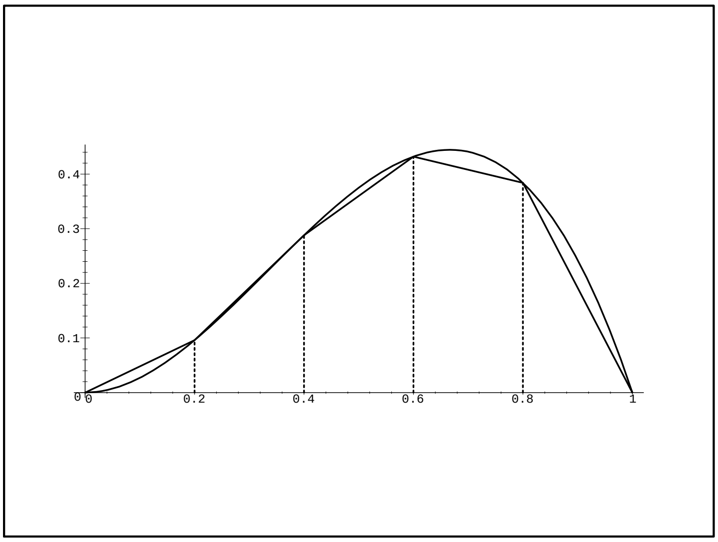


Abbildung 1: Stückweise lineare Approximation eines x-monotonen Polygonzuges in einer vorgegeben Fehlertoleranz

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:

1. Minimalisierung der Kantenanzahl, ohne dabei eine vorgegebene Fehlertoleranz zu überschreiten

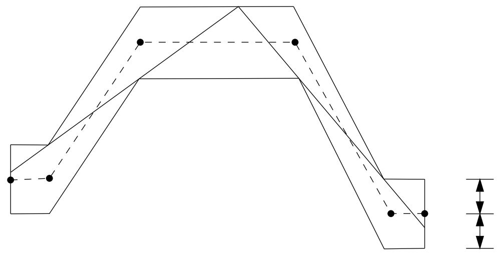


Abbildung 2: Stückweise lineare Approximation einer parametrisierten Kurve

2. Minimalisierung des Approximationsfehlers, bei vorgegebener Kantenzahl

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 $L_1, L_2, \ldots, L_\infty$ 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 *Bruteforcemethode*, 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-Berechnungsmodel 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-Berechnungsmodel ist durch folgende Parameter spezifiziert : M die Anzahl von Elementen (items), die in den Hauptspeicher passen, N die Anzahl der Elemente der Probleminstanz, 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 $\tilde{\delta}_H(t(M), B)$, 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 $P_1, P_2, \ldots, P_n$, die Frage stellen, welches dieser P_i einem weiteren Polygonzug P am "ähnlichsten" ist:

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

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, $P_1, P_2, \ldots, P_n$ 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 $\mathrm{NN}(P)$ 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 $t \in S_\epsilon := \bigcap_{a \in A} \overline{\overline{B^\epsilon} \oplus (-a)}$, 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.

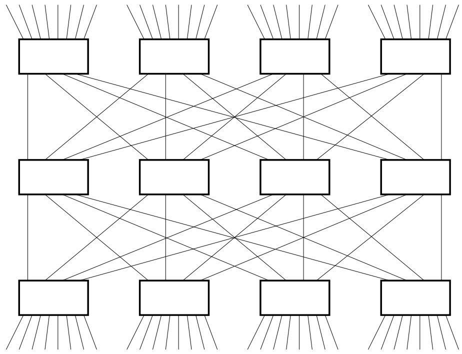
Von theoretischem Interesse ist es nun herauszufinden, ob es doch eine Möglichkeit gibt, weniger grobe Abschätzungen zu verwenden. So wurde in einer neuen Arbeit von Agarwal und Sharir für Strecken und sich nicht überschneidende Dreiecke im $\mathbb{R}^3$ unter Verwendung der euklidischen Metrik gezeigt, 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: GALIA[1]

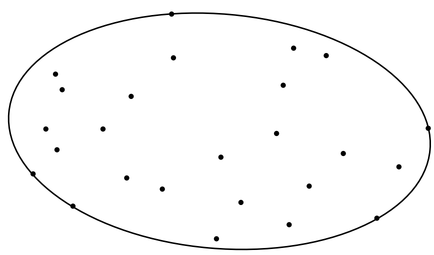
Helmut Alt, Sven Schönherr.

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

[1] GALIA steht für "GEOMETRIC ALGORITHMS FOR INDUSTRIAL APPLICATION".
[2] CGAL 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.



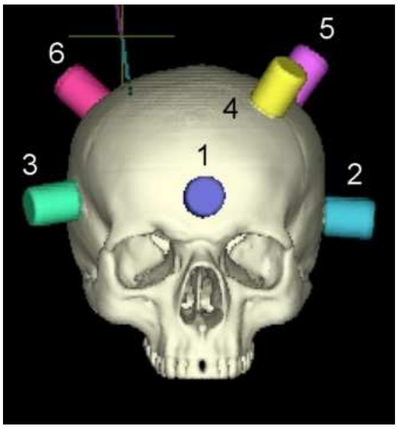
Ein Optimierungsproblem:
Kleinste umschließende Ellipse
von 25 Punkten.

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.

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

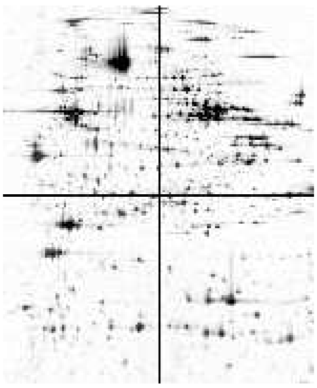
Helmut Alt, Frank Hoffmann, Klaus Kriegel, Christof Schultz, Carola Wenk.

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.

- 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.

- Nicole Morawe
Entwurf und Analyse von Algorithmen, Algorithmische Kombinatorik.

- Carola Wenk
Algorithmische Geometrie, Shape Matching.

Weitere Informationen

Prof. Dr. Helmut Alt	Prof. Dr. Günter Rote	Dr. Stefan Felsner
Takustr. 9	Takustr. 9	Takustr. 9
Raum 112	Raum 110	Raum 117
Tel.: 838-75160	Tel.: 838-75150	Tel.: 838-75161
`alt@inf.fu-berlin-de`	`rote@inf.fu-berlin.de`	`felsner@inf.fu-berlin.de`