

# STUDIEN

## Effiziente Algorithmen

für Studenten der Mathematik und Informatik  
an der Freien Universität Berlin

Semesterheft Winter 2001/2002

STUDIEN  
SEMESTERHEFT

## Allgemeines

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

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

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

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

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

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

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

## 1 Vorschlag zur Studienplanung

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

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

### Vertiefung in theoretischer Richtung.

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

## Vertiefung in anwendungsbezogener Richtung.

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

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

## 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 *Grundlagen der Theoretischen 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 2001/2002

### Vorlesungen

#### Entwurf und Analyse von Algorithmen

[EA1]

Dozent: Rote; Vorlesungszeit: Mo, Do 10-12, 3-stündig,  
Veranstaltungsort: Takustraße 9, Mo: HS, Do: SR 005.

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.

#### Datenstrukturen

[EA2]

Dozent: Braß; Vorlesungszeit: Mo, Do 8.00 - 10.00 Uhr, 4-stündig.  
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.

INHALT: Die Datenstrukturen stellen einen "Werkzeugkasten" für die Entwicklung komplizierterer Algorithmen bereit. Einzelne Strukturen wie stack, queue, verschiedene heaps und Bäume wurden bereits in "Algorithmen und Programmierung III" und "Entwurf und Analyse von Algorithmen" behandelt. Die Kenntnis verschiedener Datenstrukturen soll ermöglichen, im Anwendungsfall Teilprobleme zu erkennen, für die effiziente Lösungen bekannt sind, und diese Lösungen in komplexeren Algorithmen als Bausteine zu verwenden. In dieser Vorlesung soll ein umfassender Überblick über Datenstrukturen, die von ihnen unterstützten Operationen, und ihre Laufzeiten, gegeben werden. In den Übungen werden dann einzelne Datenstrukturen implementiert, in Anwendungsbeispielen genutzt und hinsichtlich ihrer dort gezeigten Leistung verglichen.

**Graphentheoretische Algorithmen (Spezielle Themen der Algorithmentheorie)** [EA2,ADM]

Dozent: Rote; Vorlesungszeit: Di, Do 14-16, 3-stündig,.

Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 051.

INHALT: Graphen und Netzwerke sind ein wichtiges Darstellungsmittel für alle möglichen Strukturen in Anwendungen aus der Informatik und aus der Wirklichkeit. Viele Optimierungsaufgaben können als graphentheoretische Probleme formuliert werden. Der Bereich der Graphenalgorithmen ist neben den geometrischen Algorithmen ein wichtiges und grundlegendes Teilgebiet der algorithmischen Informatik. Ich werde einerseits einen möglichst breiten Überblick über das Feld der Graphenalgorithmen geben, aber auch bei einzelnen Kapiteln in die Tiefe gehen.

Literatur: Michel Gondran, Michel Minoux, Graphs and algorithms. Wiley, Chichester 1984.

Ravindra K. Ahuja, Thomas L. Magnanti, James B. Orlin, Network flows, Theory, algorithms, and applications, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1993

Bernhard Korte, Jens Vygen, Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms. Springer, Berlin Heidelberg New York 2000.

**String matching und biologischer Sequenzvergleich** [ANW,EA2]

Dozent: Vingron, Stoye; Vorlesungszeit: n.V., 2-stündig.

Veranstaltungsort: Takustr. 9, SR 053

Vorbesprechung: Mo, 15.10., 16-18

INHALT: Der Vergleich von Zeichenketten ist ein Problem der modernen Algorithmen, das heute in vielen Anwendungsbereichen Einsatz findet. Prominent darunter ist die Bioinformatik, weil biologische Makromoleküle als Zeichenketten dargestellt werden. In dieser Vorlesung werden wir mit den Verfahren zur exakten Suche nach Mustern in einem Text beginnen. Neben den klassischen Algorithmen wird das Schwergewicht auf Suffix-Bäumen liegen. Danach werden Verfahren zur inexakten Suche, insbesondere Alignmentverfahren besprochen. Hier sollen die Algorithmen zum globalen, lokalen und suboptimalen Alignment behandelt werden. Wir werden auf verschiedene Eigenschaften von

Alignments eingehen und parametrische Lösungsverfahren diskutieren. Nach Massgabe der verbleibenden Zeit sollen noch Datenbank-suchverfahren, multiples Alignment oder secondary-storage Algorithmen behandelt werden.  
Voraussetzungen: gewisse mathematisch/algorithmische Reife.

## Seminare, Praktika und sonstige Veranstaltungen

### Seminar über Algorithmen

[EA2,ADM]

Dozent: Rote; Vorlesungszeit: n.V. (Di 16-18 Uhr), 2-stündig.  
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 037.  
Vorbesprechung: **Donnerstag 18.10.**, 16 Uhr c.t., SR 055

INHALT: Schnelle Algorithmen zur Gitterbasenreduktion und ihre Anwendungen in der Computeralgebra, zur Approximation, und zur ganzzahligen Optimierung.

Themen:

Einführung: Gitterbasenreduktion, Begriffe, Anwendungen, Algorithmen.  
Schnelle Algorithmen für den größten gemeinsamen Teiler, Kettenbrüche.  
Algorithmen in höheren Dimensionen.

### Seminar Ausgewählte Kapitel der Bioinformatik

[EA2,ADM]

Dozent: Felsner, Kriegel; Vorlesungszeit: n.V., 2-stündig.  
Veranstaltungsort: n.V.  
Vorbesprechung: **Mittwoch 17.10.01, 14.00 Uhr c.t. SR 053**

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 aus 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.



**Praktikum Effiziente Algorithmen****[PR]**

Dozent: Rote, Kortenkamp: Vorlesungszeit: Do 15 - 18 Uhr, 3-stündig.

Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.

Vorbesprechung: **Donnerstag 25.10., 15 Uhr c.t.**

**INHALT:** In Einzel- oder Gruppenprojekten soll die Anwendung von effizienten Algorithmen zur Realisierung praktischer Fragestellungen geübt werden. Dabei können sowohl eigene Programme geschrieben werden als auch vorhandene Software eingesetzt werden, wo es sich ergibt.

**Ablauf:** Zu Beginn werden die Themen kurz vorgestellt und ausgegeben. Die Themen können einzeln oder in Gruppen zu zweit oder zu dritt bearbeitet werden. Nach einer Einarbeitungszeit wird das Ziel der Projekts und der Umfang für jedes Projekt im Einvernehmen mit den Betreuern genau festgelegt. Die Teilnehmer am Praktikum treffen sich regelmäßig und berichten über den Fortgang des Projektes, über Teilergebnisse oder über Schwierigkeiten. Am Ende werden die Ergebnisse des Praktikums präsentiert.

**Themen:**

- Auseinanderfalten von Polygonen
- Kanonische Pseudotriangulierungen
- Realisierung orientierbarer Matroide
- Das Assoziaeder
- Wege in Chirotopen
- Optimale Zufallsstrategien für Suchprobleme
- Der Expansionskegel in höheren Dimensionen
- Realisierung von dreidimensionalen Polytopen mit kleinen Koordinaten
- Optimierung von Roboterbahnen

**Voraussetzungen:** Entwurf und Analyse von Algorithmen, Programmier-Kenntnisse.

**Perspektiven:**

Vergabe von Studien- und Diplomarbeiten im Anschluss an das Praktikum ist möglich.

**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.

**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 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 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 2001/2002**

- 5. November 2001  
JIRI MATOUSEK, KARLSUNIVERSITÄT PRAG:  
Weak epsilon-nets for convex sets.
- 12. November 2001  
ROLF MÖHRING, Technische Universität Berlin :  
Periodic Timetabling: Theory and Models.
- 19. November 2001  
SUSANNE ALBERS, FREIBURG UNIVERSITY:  
Some Algorithmic Problems in Large Networks.
- 26. November 2001  
KONRAD POLTHIER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN :  
Discrete Constant Mean Curvature Surfaces and Their Index.
- 3. Dezember 2001  
TAKESHI TOKUYAMA, TOHOKU UNIVERSITY :  
Combinatorics and algorithms on rounding sequences and matrices.
- 10. Dezember 2001  
OLIVER M. RIORDAN, UNIVERSITY OF CAMBRIDGE :  
Steiner trees in random graphs.
- 17. Dezember 2001  
BOJAN MOHAR, UNIVERSITY OF LJUBLJANA, SLOVENIA :  
Coloring-flow duality for locally planar graphs.
- 14. Januar 2002  
N.N.:
  
- 21. Januar 2002  
HANS-JAKOB LÜTHI, IFOR ETH ZÜRICH:  
Analytic Center Quadratic Cut Method (ACQCM) to solve Strongly Monotone Variational Inequality Problems with Applications .
- 28. Januar 2002  
MARTIN AIGNER, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN:

- 4. Februar 2002  
MARCUS GROSS, ETH ZÜRICH:

### Die Kolloquiumsvorträge des Graduiertenkollegs im Winter 2001/2002

- 5. November 2001  
FRANK LUTZ, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN, :  
How to Recognize the Topological Type of Manifold?.
- 12. November 2001  
CHRISTIAN LIEBCHEN, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN :  
Two Practical Aspects of Periodic Timetabeling.
- 19. November 2001  
DIANA POENSGEN, KONRAD-ZUSE-ZENTRUM BERLIN:  
News from the Online Traveling Repairman.
- 26. November 2001  
JULIAN PFEIFLE, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN :  
Linear Programming isn't as hopeless as it could be.
- 3. Dezember 2001  
MARTIN THIMM, HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN:  
On the Approximability of the Steiner Tree Problem.
- 10. Dezember 2001  
IOTR KRISTA, MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR INFORMATIK, SAARBRÜCKEN:  
Approximability of Dense and Sparse Instances of Minimum 2-Connectivity,  
TSP and Path Problems.
- 17. Dezember 2001  
N.N.:
  
- 14. Januar 2002  
MANUEL BODIRSKY, HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN:
  
- 21. Januar 2002  
KATHARINA LANGKAU, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN:  
Dynamic Flows in Traffic Networks: Models and Complexity.

- 28. Januar 2002

MARTIN KUTZ, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN:  
Treeifying Posets with Incomparability Constrains.

- 4. Februar 2002

ARNOLD WASSMER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN:  
f-Vectors of Polytopes and Tilings.

### Weitere Veranstaltungen an der Freien Universität

- Einführung in die Diskrete Mathematik (VL); Dozent: Felsner.
- Einführung in die parallele Programmierung mit MPI (PR); Dozent: Reinefeld, Baumann, Stüben.

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

In Berlin und Zürich sind 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 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 2.870,- 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 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: Hausdorff-Abstand und Fréchet-Abstand von Spline-Kurven

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

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

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

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

Mögliche Anwendungsgebiete: Computergraphik, Mustererkennung, Kartographie.

## Diplomarbeit: Matching unter Rotationen

Diplomand: *Leonid Scharf*, Betreuer: *Helmut Alt*

In der Arbeit geht es um das *Matching* von zweidimensionalen aus Punkten oder Strecken bestehenden Figuren und Mustern unter Rotation. Matching bedeutet, dass man eine Figur so bewegt, dass sie mit der anderen möglichst gut zur Deckung gebracht und dann der Abstand von beiden bestimmt wird, um festzustellen, wie ähnlich sich beide sind.

Zunächst sollen Algorithmen für Punktmengen erarbeitet und implementiert werden.

Um das Problem für Punktmengen  $A$  und  $B$  zu lösen, werden die Punkte im ersten Schritt in Polarkoordinaten transformiert, dann lexikographisch sortiert (Winkel, Radius). Anschließend werden statt der absoluten Winkelkoordinaten die Differenzen der Winkel zwischen jeweils benachbarten Punkten berechnet ( $A'$ ,  $B'$ ) und dann nachgeprüft, ob  $B'$  in der verdoppelten folge  $A' \cdot A'$  vorkommt.

Mögliche Anwendungsgebiete: Computergraphik, Bilderkennung, Kartographie, Computeranimation.

## Diplomarbeit: Implementieren von parametrisierten Kurven für CGAL

Diplomandin: *Ekaterina Langer*, Betreuer: *Helmut Alt*

Die Diplomarbeit befaßt sich mit der Implementierung von parametrisierten Kurven für die Bibliothek CGAL. CGAL ist eine in C++ implementierte Bibliothek für geometrische Algorithmen und Objekte, die die Konzepte von STL benutzt. Die allgemeine Kurve wird mit dem Typ einer konkreten Kurve (z.B. Bézier-Kurve) parametrisiert, der die Berechnung der Punkte der Kurve übernimmt. Der Datentyp Kurve verfügt auf folgende Methoden:

- Funktionen  $x(t)$  und  $y(t)$ , die anhand des Parameters  $t$  die x- und y-Koordinate eines Punktes der Kurve berechnen
- Funktion  $draw()$ , die die Kurve zeichnet



- Funktion `bool has_on(Point pt)`, die `true` liefert, falls `pt` auf der Kurve liegt
- Funktion `PointList intersection(Curve c)`, die die Liste der Schnittpunkte der beiden Kurven liefert
- Funktion `bool derivation()`, die die Ableitung der Kurve ausrechnet

Für die Speicherung der Kurvenpunkte soll eine geeignete Datenstruktur ausgewählt werden.

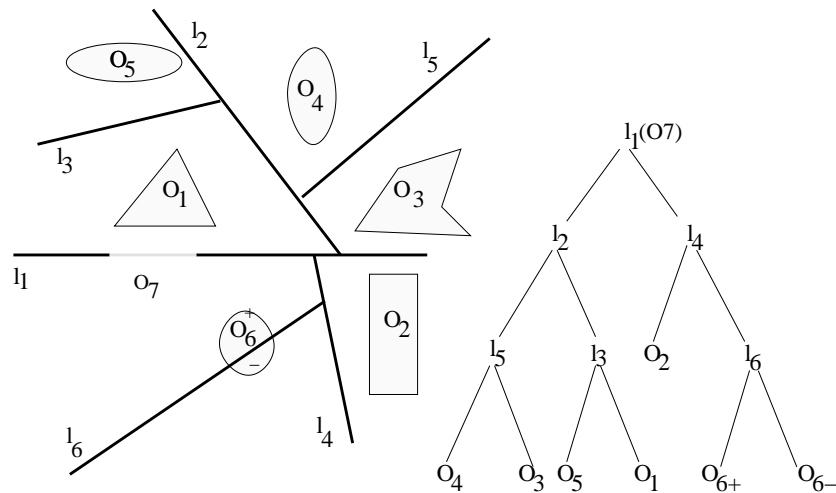
## Diplomarbeit: Binäre Zerlegungen der Ebene

Diplomand: *Martin Mielich*, Betreuer: *Stefan Felsner*.

Es wird das Problem der Vergabe von Prioritäten betrachtet, das in Verbindung mit der Berechnung sichtbarer Objekte in der Computergrafik auftritt. Die darzustellenden Polygone werden so in Teilstücke zerlegt, dass es für beliebige Beobachterstandorte keinen überlappenden Zyklus gibt. Die resultierende Menge von Fragmenten sollte dabei so klein wie möglich sein und in einer Datenstruktur organisiert, die das Ziel der schnellen und korrekten Darstellung unterstützt.

Für eine Binary Space Partition (BSP) wird der Raum rekursiv entlang einer Hyperebene in je zwei Teilräume zerlegt, bis jeder Teilraum höchstens ein Objekt enthält. Im induzierten Binärbaum werden die Fragmente der Polygone verwaltet. Die Nutzung des Binärbaumes löst das angesprochene Problem der Prioritätenvergabe: Die Darstellung der Polygone entsprechend ihrer Anordnung im Baum führt zu einer korrekten Abbildung.

Jeder der Schnitte des Raumes zerteilt möglicherweise zahlreiche Polygone, die Größe des erzeugten Binärbaumes ist daher das wesentliche Maß für die Effizienz der verwendeten Methode. Der Strategie der Teilung muss also besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, um eine unkontrollierte expansive Fragmentierung der Polygone zu verhindern.



In der Arbeit werden verschiedene Strategien der Erzeugung von BSP's in der Ebene vorgestellt. Mit bestimmten Forderungen an die Eingabemenge wird die Erzeugung von BSP's linearer Größe möglich, beispielsweise für orthogonale Segmente oder für Segmentmengen bei denen jedes Segment in der konvexen Hülle der Menge verankert ist.

Die lange bestehende Vermutung, dass für jede Eingabe im  $\mathbb{R}^2$  eine BSP linearer Größe existiert konnte vor kurzem von David Csaba Toth mittels einer Konstruktion widerlegt werden. Diese Arbeit wird in einem Kapitel vorgestellt.

## 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.

## 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  $L_\infty$ . 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:

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

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  $\geq 3$ , weitaus schwieriger. Betrachten wir das Entscheidungsproblem, ob es für ein gegebenes  $\epsilon$  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  $B^\epsilon$  die  $\epsilon$ -Umgebung von  $B$ , ein waagerechter Strich das Komplement und  $\oplus$  die Minkowskisumme bezeichnen. Die Berechnung von  $S_\epsilon$  hängt unter anderem davon ab,  $B^\epsilon = \bigcup_{b \in B} b^\epsilon$  effizient zu berechnen. Da  $B^\epsilon$  als ein ebener Schnitt der Voronoi-Fläche von  $B$  an Höhe  $\epsilon$  aufgefaßt werden kann, hängt eine effiziente Berechnung von  $B^\epsilon$  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  $B^\epsilon$  in  $d$  Dimensionen  $O(n^d)$  ist, beschränkt die von  $S_\epsilon$  auf  $O(n^{d^2+d})$ . Für Mengen von Objekten, für die sich die Vermutung, daß  $B^\epsilon$  eine Komplexität von  $O(n^{\lceil \frac{d}{2} \rceil})$  hat bestätigt, kann  $S_\epsilon$  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.

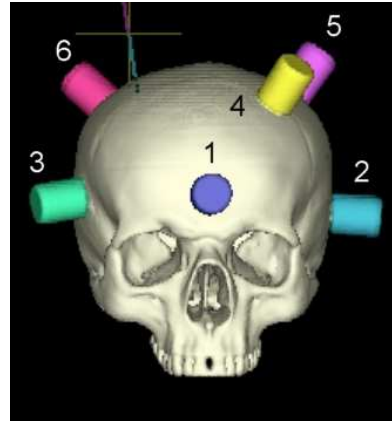
Von theoretischem Interesse ist es nun herauszufinden, ob es doch eine Möglichkeit gibt, weniger grobe Abschätzungen zu verwenden. So wurde in einer neuen Arbeit von Agarwal und Sharir für Strecken und sich nicht überschneidende Dreiecke im  $\mathbb{R}^3$  unter Verwendung der euklidischen Metrik gezeigt,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

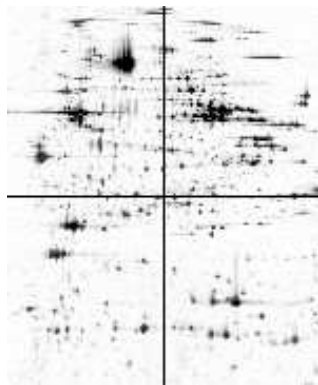
*Helmut Alt, Frank Hoffmann, Klaus Kriegel, Christof Schultz, Carola Wenk.*

Dieses von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Projekt wird gemeinsam vom Institut für Informatik der FU Berlin und dem Deutschen Herz-

zentrum 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 ist vor kurzem die Phase der Spotdetektion, d.h. die Gewinnung einer geometrischen Bildbeschreibung aus den Pixel-Daten algorithmisch neu gelöst und ins CAROL-System eingebunden worden.

## Projekt: Elektromagnetische Navigation in der Gehirnochirurgie

*G. Rote*

Entwicklung eines elektromagnetischen Navigationsverfahrens zum daten- und bildgesteuerten intraoperativen neurophysiologischen Mapping (Ortung) und Monitoring (Überwachung) bei Operationen in eloquenten Hirnarealen, bei der Deep Brain Stimulation (Tiefe Hirnstimulation) und bei minimal-invasiven Eingriffen.

Dieses in Zusammenarbeit mit der neurochirurgischen Klinik, Universitätsklinikum Benjamin Franklin (Prof. Brock, Dr. Suess) geplante Projekt soll das obige Projekt fortsetzen und erweitern. Bei der Operation von Hirntumoren in der Nähe von funktionell wichtigen (‘‘eloquenten’’) Hirnarealen können diese Zonen verletzt werden und dadurch bleibende neurologische Schäden entstehen. Deshalb ist es wichtig, vor einer Operation die Lage dieser Funktionszentren festzustellen und sie während der Operation zu überwachen. Dabei müssen räumliche Daten, die aus verschiedenen Quellen stammen oder zu verschiedenen Zeiten (präoperativ beziehungsweise während der Operation) gewonnen wurden, miteinander verknüpft werden. Zum Beispiel werden vor der Operation mit Hilfe von Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) dreidimensionale Bilder gewonnen. Während der Operation müssen diese mit der tatsächlichen Lage im Kopf des Patienten zur Übereinstimmung gebracht werden, wobei sich durch den Eingriff die Gehirnmasse verschiebt. Zusätzlich gibt es Informationen über die Lage funktionell wichtiger Areale beim Menschen in sogenannten Stereotaxie-Atlanten. Diese müssen an individuelle Unterschiede zwischen den Patienten angepasst werden müssen.

Das algorithmische Problem, das diesen Aufgaben zugrundeliegt, besteht in der Registrierung (Ausrichtung), bei der die verschiedenen Datensätze miteinander in räumliche Übereinstimmung gebracht werden. Die hierbei verwendeten Transformationen waren bisher gewöhnlich starre Transformationen, oder Transformationen, die eine gewisse Verzerrung berücksichtigen, die jedoch im gesamten Bereich gleichartig ist (affine Transformationen). Bei den Anwendungen dieses Projekts müssen jedoch allgemeinere Transformationen in Betracht gezogen werden, für die jedoch noch kein mathematisches Modell verfügbar ist.

Ein anderer Teil dieses Projekts betrifft die minimalinvasiven Endoskopie: Dabei wird durch die Hohlgänge und Hohlräume des Gehirns ein Instrument eingeführt, das man sich als dünnen starren Schlauch vorstellen kann, dessen Spitze jedoch lenkbar ist und verlängert werden kann. Das Problem ist hier, sich anhand des Kamerabildes an der Spitze des Schlauches im Gehirn zurechtzufinden.

## 4 Die Arbeitsgruppe Theoretische Informatik

### Leiter

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

### Mitglieder der Arbeitsgruppe

- HOSAM ABDO  
Algorithmische Geometrie.
- PD DR. PETER BRASS  
Kombinatorische Geometrie, Diskrete Geometrie, Konvexgeometrie, extremale Kombinatorik.
- BRITTA BROSER  
Kombinatorik, Geometrie und Optimierung.
- 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.

- 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.
- GÉRALDINE MORIN  
Computergrafik, Computer-Aided Geometry Design.
- 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
<code>alt@inf.fu-berlin.de</code>	<code>rote@inf.fu-berlin.de</code>	<code>felsner@inf.fu-berlin.de</code>