STUDIEN

Effiziente Algorithmen

für Studenten der Mathematik und Informatik
an der Freien Universität Berlin

Semesterheft Sommer 2004

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–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.
In diesem Sommersemester bietet sich als mögliche Fortsetzunge zur Vorlesung *"Entwurf und Analyse von Algorithmen"* die Vorlesung *"Algorithmen für Fortgeschrittene"* an. Die Vorlesung *"Gittererzeugung"* ist eine kleine Spezialvorlesung über ein wichtiges Anwendungsgebiet an der Schnittstelle zwischen Geometrie und Numerik. In diesem Semester gibt es eine Reihe von interessanten Seminaren. Die Seminare über *"Algorithmen"* und über *"Algorithmische Geometrie"* vertiefen Themen aus den vorangegangenen Vorlesungen. Außerdem gibt es ein angewandtes Seminar über *"Navigationsalgorithmen in der Medizin"*.

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 *Mathematik für Informatiker* abgedeckt.

- Hauptstudium.

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

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

  Seminare: Anrechnung im Rahmen der mindestens 2 Seminare.

2 Lehrveranstaltungen im Sommer 2004

Vorlesungen

Algorithmen für Fortgeschrittene [EA2]

Dozent: Alt; Vorlesungszeit: Di, Do 10–12 Uhr, 4-stündig,
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 005.
Übungen Alt, Klost 2-stündig .
Beginn: 13.04.2004

INHALT: Diese Veranstaltung ist eine Fortsetzung der Vorlesung "Entwurf und Analyse von Algorithmen". Behandelt werden sollen Themen wie: Flussprobleme in Graphen, Zahlentheoretische Algorithmen (einschließlich RSA Kryptosystem), String Matching, Approximationsalgorithmen für schwere Probleme, arithmetische Algorithmen und Schaltkreise einschließlich schneller Fourier-Transformation u.a.

Computergrafik [ANW]

Dozent: Rote; Vorlesungszeit: Mo 10.15–11.45 Uhr, Fr 10.15–11.45 Uhr, 3-stündig,
Veranstaltungsort: Takustraße 9, Seminarraum - 053.
Übungen Rote, Lenz 2-stündig.
Beginn: 16.04.2004

INHALT: Zweidimensionale Grafik: Geraden, Kreise. Rastergrafik. Geometrische Modellierung: Splines, Freiformflächen. Modellierung von Szenen. Homogene Koordinaten, geometrische Transformationen, Perspektive. Sichtbarkeit, Farbe, Schattierung, Licht, Textur. Grafikhardware.
Im kommenden Wintersemester werde ich ein Praktikum über Computergrafik abhalten, in dem einzelne Themen der Vorlesung vertieft werden können.

Literatur: Foley/van Dam/Feiner/Hughes: Computer Graphics: Priciples and Practice, 2nd ed., Addison-Wesley, 1990 (ISBN 0-201-84840-6). Farin: Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design.

Gittererzeugung [ANW,EA2]

Dozent: Rote; Vorlesungszeit: Di 14.00–16.00 Uhr, 2-stündig,
Veranstaltungsort: Takustraße 9, Büro Prof. Dr. Fehr - 159.
Übungen Rote, Broser 2-stündig.
Beginn: 13.04.2004

INHALT: Beim Umgang mit geometrischen Modellen ist es notwendig, ein großes Gebiet oder Volumen in einfache Zellen zu unterteilen, um damit zu arbeiten. Hiermit beschäftigt sich die Gittererzeugung ("mesh generation"); sie ist ein wesentlicher Vorverarbeitungsschritt für geometrische Objekte in der Numerik, der Computergrafik, und vielen anderen Bereichen. Dabei kann man sich von den zu erzeugenden Triangulierungen verschiedene Eigenschaften wünschen, etwa dass sie nur die gegebenen (oder wenige zusätzliche) Punkte verwenden, keine spitzen Dreiecke enthalten, keine Dreiecke besonders großer oder besonders kleiner Fläche enthalten. Das Gebiet steht an der Schnittstelle zwischen algorithmischer Geometrie (Informatik), Computer-Anwendungen (Visualisierung, Computergrafik) und Numerik (Mathematik). Wir werden in der Vorlesung Eigenschaften von Triangulierungen und Algorithmen zu ihrer Konstruktion behandeln, und einige dieser Algorithmen in den Übungen implementieren.
Die Vorlesung ist auch für Mathematiker gedacht, die solche Netze für numerische Anwendungen benötigen.

Literatur: Herbert Edelsbrunner: Geometry and Topology for Mesh Generation. Cambridge University Press, 2001.

Seminare, Praktika und sonstige Veranstaltungen

Seminar über Algorithmen [ADM,ANW]

Dozent: Alt; Vorlesungszeit: Do 16–18. , 2-stündig.
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.
Beginn: 15.04.2004

INHALT: Voraussetzungen: Vorlesung "Entwurf und Analyse von Algorithmen" oder entsprechende Kenntnisse; Vordiplom in Informatik, Mathematik o.ä.

Mögliche Themen:
Online-Algorithmen (Kap.10)

Textkompression (Kap. 12)
Algebraische Algorithmen (Kap. 16)
Bewegungsplanung in der Robotik (Kap. 21)
Algorithmen für Computer-Vision und Bildverarbeitung (Kap. 22)
Algorithmische Lerntheorie (Kap. 30)
"Schnelle" Algorithmen für das Erfüllbarkeitsproblem
"Geglättete" Analyse von Algorithmen

Literatur: verschiedene Aspekte zur Theorie und Anwendungen effizienter Algorithmen, als Ergänzung zur Vorlesung Algorithmen für Fortgeschrittene, diese ist für den Besuch des Seminars allerdings nicht erforderlich; als Leitfaden dient das Buch: M. J. Atallah, Ed., Algorithms and Theory of Computation Handbook, CRC Press LLC, 1999, ISBN 0-8493-2649-4
Außerdem werden Originalarbeiten besprochen.

Seminar über Algorithmische Geometrie **[ADM,ANW]**

Dozent: Knauer; Vorlesungszeit: n.V., 2-stündig.
Veranstaltungsort: n.V.
Beginn: nach Ankündigung

Inhalt: Dieses Seminar baut auf den Vorlesungen "Algorithmische Geometrie" und "Ausgewählte Kapitel der Algorithmischen Geometrie" aus dem letzten Semester auf. Wir betrachten neuere und fortgeschrittene Resultate und Methoden, die in den Vorlesungen nicht behandelt wurden:

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

Voraussetzungen: VL Entwurf u. Analyse von Algorithmen, VL Algorithmische Geometrie, VL Ausgewählte Kapitel der Algorithmischen Geometrie

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

M. de Berg, M. van Kreveld, M. Overmars, O. Schwarzkopf. Computational Geometry: Algorithms and Applications. Springer-Verlag Berlin, 1997.
K. Mulmuley. Computational Geometry: An Introduction through Randomized Algorithms. Prentice Hall, 1994.
Originalarbeiten.

Seminar über Navigationsalgorithmen für medizinische Anwendungen **[ANW]**

Dozent: Knauer, Kriegel, Schönherr; Vorlesungszeit: Do 16–18. , 2-stündig.
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.
Beginn: 01.04.2004

INHALT: Zur Planung und Durchführung von chirurgischen Eingriffen werden die entsprechenden anatomischen Regionen durch geeignete bildgebende Verfahren (z.B. CT, MRT oder funktionale MRT) vor der OP erfasst. Navigation bedeutet in diesem Kontext, Positionen aus dem realen OP-Feld in die vorher akquirierten Modelle (Bilder) zu transformieren. Zur Realisierung dieses Ziels verwendet man sogenannte Tracking-Systeme, mit denen man Positionen im Raum mit großer Genauigkeit messen kann. Die Bestimmung der jeweiligen Transformation ist eine schwierige algorithmische Aufgabe. In einigen Fällen kann man Marker als Orientierungshilfe benutzen, in anderen Fällen müssen spezielle geometrische oder statistische Verfahren angewendet (oder erst entwickelt) werden. Im Seminar werden verschiedene Aspekte aus diesem Problemkreis an Hand von Orignalarbeiten beleuchtet.

Diplomanden- und Doktorandenseminar Theoretische Informatik **[ADM]**

Dozent: Alt, Rote, Knauer, Kriegel; Vorlesungszeit: Di, Do, Fr 12-13 Uhr; Veranstaltungsort: Takustraße 9, Di - SR 053, Do,Fr - SR 055;

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

Praktikum zur Analyse von Formen **[ANW]**

Dozent: Alt, Scharf; Vorlesungszeit: n.V., 2-stündig.
Veranstaltungsort: n.V..
Beginn: Vorbesprechung: 15.4.04, 14 hct, Raum 005

Inhalt: Der Vergleich verschiedener Formen (shapes) aufÄ ist ein Standardproblem in Anwendungsgebieten, wie z.B. Computer-Vision, Schriftzeichenerkennung u.ä. In unserer Arbeitsgruppe wird schon seit längerer Zeit die Analyse von Formen mit Mitteln der algorithmischen Geometrie untersucht. Ziel des Praktikums ist es nun, gängige Heuristiken wie – simulated annealing – genetische Algorithmen – neuronale Netze zu implementieren, auf dieses Problem anzuwenden und ihre Eignung experimentell zu erkunden. Das Praktikum besteht aus in sich abgeschlossenen Einzelprojekten, die in Zweiergruppen bearbeitet werden.

Literatur: tba

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, zum Teil auch an der TU und HU. Genauere Angaben über den Veranstaltungsort sind dem wöchentlichen Aushang und der Internetseite des Graduiertenkollegs zu entnehmen.
(`http://www.inf.fu-berlin.de/graduate-programs/cgc/index_bln.html`)

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 A. Hoffkamp, auf einen Verteiler für das Verschicken der Ankündigungen setzen lassen.)

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

Dozent: Alt u. Doz. des Kollegs; Vorlesungszeit: Mo 16-18 Uhr, 2stündig;
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 005, zum Teil auch an der TU, HU und ZIB. Genauere Angaben über den Veranstaltungsort sind dem wöchentlichen Aushang und der Internetseite des Graduiertenkollegs zu entnehmen.

(`http://www.inf.fu-berlin.de/graduate-programs/cgc/index_bln.html`)

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 A. Hoffkamp, auf einen Verteiler für das Verschicken der Ankündigungen setzen lassen.) Die Ankündigungen werden auch neben Raum 111 in der Takustraße 9 ausgehängt.

Die Vorlesungen des Graduiertenkollegs im Sommer 2004

- 19. April 2004
STEFAN GESCHKE, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN:
Continuous Ramsey Theory.

- 26. April 2004
MARTIN GROHE, HUMBOLDT UNIVERSITÄT ZU BERLIN

- 3. Mai 2004
AART BLOKHUIS, EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

- 10. Mai 2004
OSWIN AICHHOLZER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ

- 17. Mai 2004
MATTHIAS BECK, MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR MATHEMATIK, BONN AND SAN FRANCISCO STATE UNIVERSITY:
Integer-point enumeration in polytopes.

- 7. Juni 2004
RICHARD WEISS, TUFTS UNIVERSITY, MASSACHUSETTS

- 21. Juni 2004
JULIAN PFEIFLE, UNIVERSITY OF BARCELONA

- 28. Juni 2004
JEAN-DANIEL BOISSONNAT, I.N.R.I.A. SOPHIA ANTIPOLIS

- 5. Juli 2004
SUE WHITESIDES, MCGILL UNIVERSITY, MONTREAL

- 12. Juli 2004
ROLF MÖHRING, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Die Kolloquiumsvorträge des Graduiertenkollegs im Sommer 2004

- 19. April 2004
Frank Lutz, Technische Universität Berlin

- 3. Mai 2004
Stefan Hell, Technische Universität Berlin:

- 10. Mai 2004
Oliver Klein, Freie Universität Berlin

- 17. Mai 2004
Marco Lübbecke, Technische Universität Berlin

- 24. Mai 2004
Martin Kutz, Freie Universität Berlin

- 7. Juni 2004
Mark de Longueville, Freie Universität Berlin

- 14. Juni 2004
Taral Guldahl Seierstad, Humboldt Universität zu Berlin

- 21. Juni 2004
Hans-Florian Geerdes, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin
Planning the UMTS Radio Interface.

- 28. Juni 2004
Kevin Buchin, Freie Universität Berlin

- 5. Juli 2004
Maike Walther, Freie Universität Berlin

- 12. Juli 2004
Sarah J. Renkl, Technische Universität Berlin

Weitere Veranstaltungen an der Freien Universität

- Graphentheorie (VL); Dozent: Vogt.

Stellenangebot Forschungstutor/in

Am Institut für Informatik der Freien Universität Berlin, Arbeitsgruppe Theoretische Informatik, ist ab sofort eine Stelle einer studentischen Hilfskraft (Forschungstutor/in) (60 Stunden/Monat)zu besetzen.
Aufgabengebiet:
Programmieraufgaben für die Forschung im Bereich des von der DFG geförderten Forschungsprojektes Pseudotriangulierungen und Bewegungen von Gelenkssystemen (siehe Projektbeschreibung Seite 22). Einstellungsvoraussetzungen: Abgeschlossenes Grundstudium (Vordiplom) der Informatik, der Mathematik oder eines verwandten Gebietes. Erwünscht: Kenntnisse auf dem Gebiet der Algorithmen, der Geometrie, der diskreten Mathematik oder der Optimierung. Kurze Bewerbungen per Post, per e-mail oder persönlich an Prof. Günter Rote, Freie Universität Berlin, Institut für Informatik, Takustraße 9, D-14195 Berlin, Zimmer 110, rote@inf.fu-berlin.de.

3 Diplomarbeiten, Dissertationen, Projekte

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

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

Diplomandin: *Ludmila Scharf*, Betreuer: *Helmut Alt*
In der Arbeit geht es um Berechnen von Ähnlichkeiten zwischen durch Kurven modellierte Figuren in der Ebene. Als Ähnlichkeitsmaße werden der sogenannte Hausdorff-Abstandund der Fréchet-Abstandbetrachtet.
Zunächst sollen die Algorithmen für algebraische Kurven ($t \to (p_1(t), p_2(t))$) 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: Rekonstruktion von Kurven mit Schnittpunkten

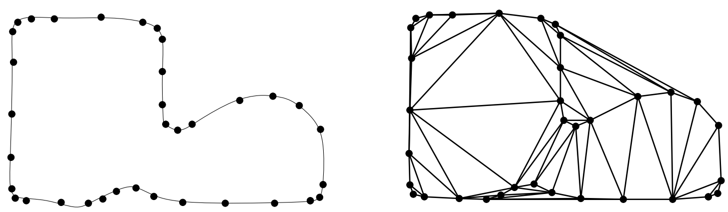
Diplomand: *Maria Knobelsdorf*, Betreuer: *Helmut Alt*

Eine ebene Kurve Σ kann durch eine Funktion $\sigma : [0,1] \rightarrow \mathcal{R}^2$ definiert werden.

Eine endliche Menge S von Punkten, die auf der Kurve liegen, heißt Stichprobe von Σ. Zwei Stichproben-Punkte s_1 und s_2 heißen *adjazent*, wenn es einen Weg zwischen s_1 und s_2 in Σ gibt, auf dem kein anderer Punkt aus S liegt.

Eine Kante, die zwei adjazente Stichproben-Punkte verbindet, heißt *korrekt*. $PR(\Sigma, S)$ heißt eine *polygonale* oder *korrekte Rekonstruktion* von Σ, wenn es genau alle korrekten Kanten von S enthält. Die bisherigen Rekonstruktionsalgorithmen nehmen meist an, dass die zugrunde liegenden Kurven glatt und geschlossen sind und sich nicht selbst schneiden.

In dieser Diplomarbeit werden Kurven mit Schnittpunkten betrachtet. Dabei sollen Eigenschaften der Stichprobe S definiert werden, so dass eine polygonale Rekonstruktion der Kurve aus S berechnet werden kann. Als Ansatz werden die Eigenschaften einer sogenannten ε-Stichprobe und die Delaunay-Triangulierung von S verwendet.



Eine glatte Kurve mit Stichprobe und die Delaunay-Triangulierung der Stichprobe.

Dissertation: Complex Tracing

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

Hinter den Kulissen der Geometriesoftware *Cinderella* verbirgt sich eine elegante mathematische Theorie, die sich aus verschiedenen Bereichen zusammensetzt. Aus ihr ergeben sich Fragen zwischen Komplexitätstheorie und Geometrie, die zum Teil noch ungelöst sind.
In *Cinderella* werden geometrische Konstruktionen durch geometrische Straight-Line Programme (GSP) repräsentiert. Diese setzen sich aus freien Punkten und abhängigen Elementen wie z. B.

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

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

Beispiel für ein GSP:

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

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

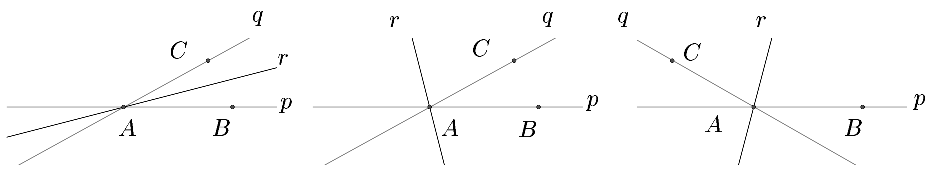


Abbildung 1: Drei verschiedene Instanzen des GSPs aus dem Beispiel

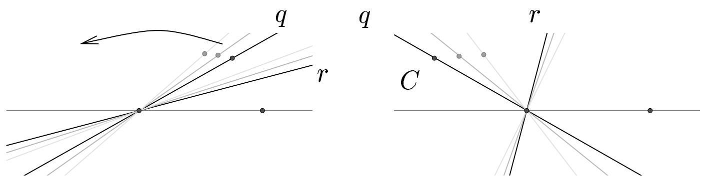


Abbildung 2: Die linke Instanz aus Abb. 1 kann „stetig“ in die rechte überführt werden.

freien Punkte und der abhängigen Elemente dürfen Werte aus $\mathbb{C}$ annehmen) ist hingegen noch unbekannt.
Ein weiteres Problem ist das „Tracing Problem“, das mit dem Reachability Problem verwandt ist. Hier liegt die gleiche Situation vor: In [1] wird gezeigt, daß es im Reellen NP-schwer ist, und die Komplexität im Komplexen ist unbekannt. Das sogenannte „Complex Tracing“ könnte z.B. für das automatische Beweisen oder das Umgehen von Singularitäten in *Cinderella* verwendet werden.
Literatur: J. Richter-Gebert, U. Kortenkamp, *Complexity Issues in Dynamic Geometry*, Proceedings of the Smale Fest 2000, 2001

Dissertation: Datenstrukturen zum Auffinden von Formen

Doktorand: *Lutz Meißner*, Betreuer: *Helmut Alt.*
Die Menge aller Polygonzüge in der Ebene wird, etwa durch den Hausdorff- oder den Fréchet-Abstand, zu einem metrischen Raum. Von besonderem In-

teresse 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:

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

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: Topologie von Konturen d–dimensionaler Funktionen

Doktorand: *Tobias Lenz*, Betreuer: *Günter Rote*

In vielen wissenschaftlichen Gebieten spielt die Visualisierung von Daten eine zunehmende Rolle. Dabei werden Werte an sehr vielen fixen Positionen gemessen, z.B. die Höhe über dem Meeresspiegel für einen bestimmten Landstrich,

aus dem Körper austretende elektromagnetische Wellen in einem Kernspinresonanztomographen oder Hitze in einer Brennkammer. Die Daten liegen als Paare von Punkten in einer bestimmten Dimension und den dazugehörigen Messwerten vor und ihre Anzahl kann bei sehr detaillierten Messungen durchaus Größenordnungen von einigen Millionen annehmen.
Derartige Datenmengen können nicht in Echtzeit durchsucht werden, so dass man geeignete Datenstrukturen verwenden muss, um effizient bestimmte Teilmengen zu erhalten. Eine wichtige Teilmenge ist hierbei die Menge aller Punkte, die einen bestimmten Wert haben — so genannte Isolinien bzw. Isoflächen oder auch Konturen.
Untersucht man eine solche Kontur, so stellt sich diese sehr vielgestaltig dar, kann zusammenhängend oder in viele Teile zerlegt sein, Tunnel bilden, Hohlräume einschließen und vieles mehr. Ein Beispiel für eine dreidimensionale Kontur aus einer vierdimensionalen Datenmenge ist auf dem Bild zu sehen. Diese errechnete topologische Struktur liefert in Form der so genannten Betti–Zahlen eine sinnvolle Gruppierung der Objekte.

Bei praktischen Messungen ist immer ein gewisser Fehler enthalten — auch als "Rauschen" bekannt. Dieses Rauschen kann bereits empfindlichen Einfluss auf die geschilderten topologischen Eigenschaften der Konturen haben, so dass ein Verfahren benötigt wird, um relevante Eigenschaften zu erkennen und zu extrahieren. Dieses Verfahren wird entwickelt und untersucht. In Experimenten hat sich herausgestellt, dass dieses Verfahren evtl. auch für effiziente Suchanfragen in geometrischen Datenbanken anwendbar ist.

Dissertation: Three Dimensional Surface Approximation

Doktorandin: *Astrid Sturm*, Betreuer: *Günter Rote*
(Im Rahmen des Projektes: ECG, Effective Computational Geometry for Curves and Surfaces.)
We intend to revisit the field of Computational Geometry in order to understand how structures that are well-known for linear objects behave when

defined on curves and surfaces.

Algebraic issues:

Several operations on nonlinear geometric objects, often lying at the algorithm's bottleneck, are equivalent to manipulating polynomials. A fundamental question is the solution of algebraic systems, ubiquitous in the construction of new objects, such as intersections. Another crucial goal is the implementation of primitives with Boolean or discrete output, such as an object is contained in some bounding object.

Robustness issues:

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

Approximating curves and surfaces:

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

Patricipating sites:
INRIA Sophia Antipolis - France (coordinator)
ETH Zürich - Switzerland
Freie Universität Berlin - Germany
Rijksuniversiteit Groningen - Netherlands
MPI Saarbrücken - Germany
Tel Aviv University - Israel

Dissertation: Der Fréchet-Abstand von triangulierten Flächen

Doktorandin: *Maike Walther* Betreuer: *Helmut Alt*

Der Fréchet-Abstand ist ein Abstandsmaß für parametrisierte Kurven und Flächen, welches den Verlauf der Kurven bzw. Flächen berücksichtigt. Wir interessieren uns dabei für endlich beschreibbare Kurven und Flächen, und zwar für polygonale Kurven und triangulierte Flächen. Zur Berechnung des Fréchet-Abstands von polygonalen Kurven haben H. Alt und M. Godau einen polynomiellen Algorithmus entwickelt. Für den Fréchet-Abstand von triangulierten Flächen hat M. Godau für das Entscheidungsproblem NP-Schwerheit gezeigt. Offene Fragen sind die nach der Berechenbarkeit oder einem Approximationsalgorithmus. Ein möglicher Ansatz für einen Approximationsalgorithmus ist eine diskrete Approximation. Für polygonale Kurven ist dies unter Ausnutzung der Linearität des Parameterraums möglich. Ob sich der Fréchet-Abstand für Flächen auf ähnliche Weise diskret approximieren lässt, ist eine offene Fragestellung an der wir momentan arbeiten.

Dissertation: Matching Shapes with a Reference Point

Doktorand: *Oliver Klein* Betreuer: *Günter Rote*

Given two sets $A, B \in \mathcal{C}^2$, where $\mathcal{C}^2$ is the set of compact subsets of $\mathbb{R}^2$, one can be interested in how these sets resemble each other. One good measure of resemblance is the Hausdorff-Distance δ_H. This distance is defined as the smallest ε such that the Euclidian distance from every point of A to its nearest point of B is at most ε and vice versa. For measuring the resemblance of the two sets, one has to determine the minimal Hausdorff-Distance under a given set of transformations. For example, these transformations can be translations, rigid motions (translations and rotations) or even similarity transformations (rigid motions and scalings). Algorithms for determining the optimal transformation to minimize the Hausdorff-Distance are known in all three cases, but the run-time of these algorithms is not satisfying for most applications.

To decrease the run-time, the authors of [1] use reference points to get an approximation for the problem. A reference point is a mapping $r : \mathcal{C}^2 \to \mathbb{R}^2$ which fulfills two properties, namely

1. r is equivariant with respect to the set of transformations $\mathcal{T}$:

$$\forall T \in \mathcal{T}\ \forall A \in \mathcal{C}^2 :\ r(T(A)) = T(r(A))$$

2. r is a Lipschitz-continuous mapping in the following meaning:

$$\exists c \in \mathbb{R}_{>0}\ \forall A, B \in \mathcal{C}^2 : ||r(A) - r(B)|| \leq c\delta_H(A, B)$$

In this context, c is called the quality of the reference point.

In [2] the Steiner point is shown to be a reference point with quality $\frac{4}{\pi}$. It is additionally shown, that this quality is optimal, which means that there cannot be any reference point with a smaller Lipschitz constant. This is shown by using strong functional-analytic tools and the axiom of choice. Therefore the proof is not constructive.
In [2] it is also shown, how an approximation algorithm using reference points with approximation ratio $1+c$ with respect to translations can be developed. For other sets of transformations, this algorithm can be used in a natural way to reduce several degrees of freedom.
Summarizing the lower bound on the quality of a reference point of $\frac{4}{\pi}$ and the upper bound of the algorithm using reference points of $1+c$ with respect to translations, where c is the quality of any reference point, it seems reasonable that there are sets $A_1, A_2, ..., A_n$ which cannot be matched in a way that

$$\forall i \neq j \in \{1, ..., n\} \ : \ \delta_H(A_i + t_i, A_j + t_j) \leq (1 + \frac{4}{\pi} - \varepsilon) \cdot \delta_H^{opt}(A, B),$$

where $\delta_H^{opt}(A, B)$ is the optimal Hausdorff-Distance which can be achieved under translations, $\varepsilon \in \mathbb{R}_{>0}$ is any constant and $t_i \in \mathbb{R}^2, i = 1, ..., n$ are translation vectors. Observe that under these assumptions the t_i can be interpreted as the reference points of the given sets.
In order to find compact convex sets in $\mathbb{R}^2$ which allow only an ε as small as possible in the above formula I've implemented two computer programs. The first of these uses linear programming and AMPL to calculate the minimal Hausdorff-Distance of two sets, which can be achieved under translation. The second one determines the smallest ε and the associated translation vectors such that the above formula is fulfilled, again using AMPL and the results of the first program. By using these two programs it was possible for me to find sets A_i such that $\varepsilon \approx 0.78$. This was done by using random convex polytopes in the unit square. The next step will be to transform given polytopes systematically into others calling for an even smaller ε.

Literatur

[1] H. Alt, B. Behrends, J. Blömer: 'Approximate matching of polygonal shapes', Proceedings 7th Annual Symposium on Computational Geometry, 1991, 186-193

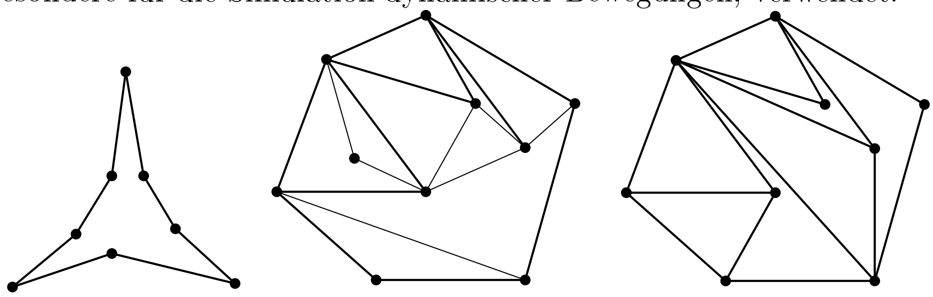
[2] O. Aichholzer, H. Alt, G. Rote: 'Matching Shapes with a Reference Point', in International Journal of Computational Geometry and Applications, Volume 7, pages 349-363, August 1997

Projekt: Pseudotriangulierungen und Bewegungen von Gelenkssystemen

Günter Rote

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

Eine *Pseudotriangulierung* ist eine Zerlegung eines ebenen Bereichs in Polygone mit jeweils genau drei konvexen Ecken und beliebig vielen einspringenden Ecken (*Pseudodreiecke*), siehe Abbildung 1. Von besonderer Bedeutung sind die *gespitzten* Pseudotriangulierungen (pointed pseudotriangulations), wo an jeder Ecke ein Winkel $> 180°$ anliegt. Diese haben genau $n - 2$ Pseudodreiecke und $2n - 3$ Kanten, und dies ist die kleinste mögliche Anzahl für eine Pseudotriangulierung.
In jüngster Zeit hat man erkannt, dass Pseudotriangulierungen viele wünschenswerte Eigenschaften haben und auch bei der Untersuchung der Bewegung von Gelenkssystemen, wie sie etwa bei der Bewegungsplanung von Robotern auftreten, eine wesentliche Rolle spielen. Sie werden auch als Datenstrukturen, insbesondere für die Simulation dynamischer Bewegungen, verwendet.



(a) (b) (c)

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

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

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

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

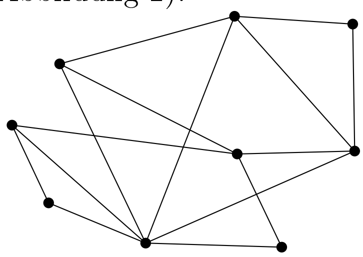


Abbildung 2: Ein minimal starrer Graph

Das sogenannte *Zollstockproblem* (carpenter's rule problem) fragt nach einer Bewegung, die ein Gelenksystem in Form eines ebenen Streckenzugs *ohne Selbstüberschneidungen* gerade macht. Derartige Fragestellungen wurden seit einiger Zeit in der algorithmischen Geometrie, aber auch im Hinblick auf Anwendungen in der Knotentheorie, Robotik (Bewegung von Roboterarmen), Fertigungstechnik (Biegen von Drähten oder Rohrleitungen) der Polymerphysik und Biophysik untersucht (Molekülfaltung). Das Zollstockproblem ist dabei sicher nur ein grundlegendes Problem, das keine direkten Anwendungen hat. Es wurde jüngst von Connelly, Demaine, und Rote in der Richtung gelöst, dass es eine solche „öffnende" Bewegung immer gibt. In ähnlicher Weise kann ein geschlossener Streckenzug (ein Polygon) immer konvex gemacht werden.

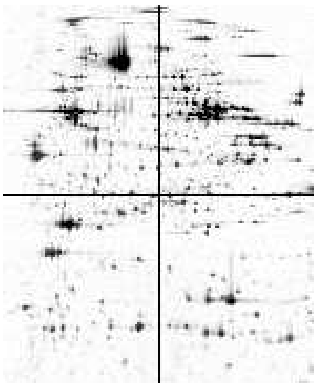
Die Hauptidee beim Beweis dieser Aussage ist, *expansive* Bewegungen zu betrachten, bei denen die Abstände zwischen je zwei Punkten nicht abnehmen. Man kann von der Anwendung, Polygone zu öffnen, abstrahieren und den durch die Expansionseigenschaft definierten *Expansionskegel* aller expansiven Bewegungen einer Punktmenge für sich betrachten. Seine extremen Strahlen stehen wieder in enger Beziehung zu den Pseudotriangulierungen.
In diesem Projekt sollen neue Erkenntnisse über Pseudotriangulierungen, Starrheit und Beweglichkeit von Gelenkssystemen (Fachwerken), und Anwendungen von Pseudotriangulierungen als Datenstrukturen gewonnen werden.
Ein weiteres Ziel ist es, analoge Strukturen im *Raum* zu finden. Dies wäre zum Beispiel wichtig als kinetische Datenstruktur für dynamische Bewegungssimulationen. Derzeit gibt es einige einfache Ansätze, aber noch keine zufriedenstellende Definition dafür, was eine höherdimensionale „Pseudotriangulierung“ sein könnte.

Projekt: Point-Pattern-Matching zur Analyse von Gelbildern

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

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

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



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

Im Projekt werden zwei der zentralen algorithmischen Probleme der Gelanalyse untersucht:
1) **Spotdetektion:** Im allgemeinen konzentrieren sich die Moleküle eines Proteins aus der Probe in einer achsenparllelen elliptischen Region des Gels - dem Spot des Proteins. Bei der Spotdetektion geht es um die Erkennung dieser Regionen. Das ist eine relativ einfache Bildverarbeitungsaufgabe, so lange die Spots gut separiert sind. Wenn sich mehrere Spots zu einer komplexen und übersättigten Region überlappen, ergibt sich ein schwieriges algorithmisches Problem, das mit Approximationsalgorithmen bearbeitet wird.
2) **Gelmatching:** Hier setzt man voraus, dass zwei zu vergleichende Bilder durch die Spotdetektion schon in geometrische Punktmuster umgewandelt wurden und nun ein geometrisches Matching dieser Punktmuster gesucht wird. Die besondere Schwierigkeit ergibt sich durch die technologisch bedingten, geometrischen Verzerrungen in den Bildern. Durch die Komplexität der Gelelektrophorese an sich, sind schon von ein und derselben Probe in einem Labor keine zwei identischen Bilder zu erwarten. Die zu entwickelnden Verfahren müssen daher sehr robust sein, um auch den Vergleich von Bildern aus verschiedenen Datenbanken zu ermöglichen. Mit Ansätzen aus der algorithmischen Geometrie konnte ein neuartiger Lösungsweg für dieses Problem entwickelt und implementiert werden, der den Kern des Programmsystem CAROL bildet (`http://gelmatching.inf.fu-berlin.de`).

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.

- Prof. Dr. Christian Knauer

Algorithmische Geometrie, Implementierung von geometrischen Algorithmen, Ähnlichkeitsbestimmung von polygonalen Figuren.

Mitglieder der Arbeitsgruppe

- Hosam Abdo

Algorithmische Geometrie.

- Enno Brehm

Dynamische Geometrie.

- Britta Broser

Kombinatorik, Geometrie und Optimierung.

- Kevin Buchin

Algorithmische Geometrie.

- Darko Dimitrov

Bildverarbeitung, Computersehen, Flächenrekonstruktion aus dreidimensionalen Punktdaten.

- Dr. Frank Hoffmann

Algorithmische Geometrie, geometrische Online-Probleme, angewandte Matching-Probleme.

- Oliver Klein

Geometrie, Kombinatorik

- Claudia Klost

Algorithmische Geometrie.

- Dr. Ulrich Kortenkamp
Dynamische Geometrie, Orientierte Matroide, Nachbarschaftliche Polytope, Java.

- PD Dr. Klaus Kriegel
Graphalgorithmen und graphentheoretische Methoden für geometrische Probleme.

- Tobias Lenz
Algorithmische Geometrie.

- Ares Ribó Mor
Geometrie, Kombinatorik

- Ludmila Scharf
Algorithmische Geometrie.

- Andre Schulz
Algorithmische Geometrie, Pseudotriangulierungen.

- Astrid Sturm
Algorithmische Geometrie.

- Maike Walther
Algorithmische Geometrie.

Weitere Informationen

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

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

PD Dr. Klaus Kriegel
Takustr. 9
Raum 115
Tel.: 838-75156
kriegel@inf.fu-berlin.de

Prof. Dr. Christian Knauer
Takustr. 9
Raum 114
Tel.: 838-75165
knauer@inf.fu-berlin-de