Graduiertenkolleg

"Algorithmische Diskrete Mathematik"

Semesterheft
Winter 1995/96

Freie Universität Berlin, Fachbereich Mathematik und Informatik
Takustr. 9, 14195 Berlin–Dahlem
Tel. (030) 838 75104

Inhaltsverzeichnis

1 Vorstellung **2**

2 Dozenten des Kollegs und ihre Fachgebiete **4**

3 Die Mitglieder des Kollegs **6**

4 Kollegsvorlesung und –kolloquium **8**

5 Lehrveranstaltungen im Winter 1995/96 **19**
5.1 Freie Universität Berlin 19
5.2 Humboldt–Universität zu Berlin 22
5.3 Technische Universität Berlin 23

6 Semesterberichte der Stipendiaten **29**
David Alberts 29
Stephan Brandt 31
Lutz Kettner 34
Petra Knieper 39
Ewa Malesińska 41
Peter Niemeyer 44
Andreas Parra 47
Jörg Rambau 49
Frank Recker 56
Andreas Schulz 58
Regina Urbaniak 65
Lorenz Wernisch 67
Jörg Zuther 69

1 Vorstellung

Das Graduiertenkolleg “ALGORITHMISCHE DISKRETE MATHEMATIK” besteht seit Oktober 1991 am Fachbereich Mathematik der Freien Universität und wird von den drei Berliner Universitäten – Freie Universität, Technische Universität und Humboldt-Universität – und dem Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik getragen. Es finanziert sich aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und bietet ein Stipendium zur Promotion für die Dauer von zwei Jahren.

Es nehmen zur Zeit 12 Stipendiaten und 2 Postdoktoranden daran teil, die sich mit ihren Arbeiten nachfolgend vorstellen. Am Graduiertenkolleg beteiligen sich weiterhin z.Zt. über 30 Doktoranden als assoziierte Studenten. Der Studienbeginn ist jeweils der 1. April oder 1. Oktober. Die nächste Ausschreibung für die Bewerbung zur Neuaufnahme als Promotionsstipendiat erfolgt voraussichtlich im November 1995 in der *ZEIT*.

Die Kollegiaten sollen sich ein breites, aktuelles und forschungsorientiertes Wissen innerhalb der algorithmischen diskreten Mathematik, welches über die spezielle Thematik ihrer jeweiligen Dissertation hinausgeht, aneignen. Dies wird durch Förderung der Kommunikation unter den Kollegiaten, durch zahlreiche Seminare im Kolleg sowie rege Kontakte zu international renommierten Wissenschaftlern unterstützt. Zur Verwirklichung finden folgende Veranstaltungen statt:

- Forschungsorientierte Vorlesungen zu Themen aus Kombinatorik, Graphentheorie, Kombinatorischer Optimierung, Codierungstheorie, Numerik, Graphenalgorithmen, Entwurf und Analyse von Algorithmen und ähnlichem;

- Doktorandenseminare zu den Gebieten, welche Vorhaben aller Stipendiaten und assoziierter Mitglieder umfassen;

- Spezialschulen (einmal jährlich) zu aktuellen Themen;

- Kollegsvorlesung und -kolloquium an jedem Montag des Semesters mit Vorlesungen/Vorträgen von Dozenten des Kollegs und Gästen bzw. der Stipendiaten.

Inhaltliche Zielsetzung

Aus den klassischen Gebieten wie Kombinatorik oder Graphentheorie hat sich die Diskrete Mathematik unter Einbeziehung des algorithmischen Standpunktes zu einem Themenkreis entwickelt, der Aspekte der Grundlagen, wie auch der angewandten Wissenschaften vereint. Codierungstheorie und Datensicherheit, algorithmische Zahlentheorie und Computer Algebra, algorithmische und diskrete Geometrie sowie Robotik, Netzwerkplanung, Entwurf von Algorithmen - hier leistet die algorithmische diskrete Mathematik wesentliche Beiträge für Anwendungen. Im Zentrum des Graduiertenkollegs stehen Themen, die in integraler Weise Fragen und Methoden aus Mathematik und Informatik verknüpfen - wie z.B. Bewegungsplanung, Mustererkennung, algorithmische Geometrie. Flankiert werden sie durch Grundlagengebiete wie Kombinatorik, Graphentheorie und Graphenalgorithmen, Geometrie, Gruppentheorie und anwendungsorientierte Themen wie Optimierung und Informatik. Gemeinsame Richtschnur ist das Verstärken der Fähigkeit, diskrete Probleme zu modellieren, zu analysieren und effiziente Algorithmen zu ihrer Lösung zu entwickeln.

Kontakte und Informationen

Auskünfte sind über die Koordinatorin des Graduiertenkollegs montags bis donnerstags 9.00 – 12.00 Uhr erhältlich. Für interessierte Studenten oder Externe besteht die Möglichkeit, sich in den Informations- und Veranstaltungsverteiler aufnehmen zu lassen.

Koordination/Sekretariat: Bettina Felsner
Tel. (030) 838 75104, Fax: 030-838 75 109
E–mail: `bfelsner@inf.fu-berlin.de`

Sprecher des Graduiertenkollegs: Prof. Dr. Emo Welzl
Tel. (030) 838 75150
E–mail: `emo@inf.fu-berlin.de`

Kollegsadresse:
Freie Universität Berlin,
Institut für Informatik,
FB Mathematik und Informatik
Takustraße 9, 14195 Berlin

2 Dozenten des Kollegs und ihre Fachgebiete

Prof. Dr. Helmut Alt
Institut für Informatik
Freie Universität Berlin
Takustr. 9, 14195 Berlin
Tel.: 838-75160, E-mail: `alt@inf.fu-berlin.de`

- Algorithmische Geometrie,
  Geometrische Methoden in der Mustererkennung.

Prof. Dr. Martin Aigner
Institut für Mathematik II
Freie Universität Berlin
Arnimallee 3, 14195 Berlin
Tel.: 838-75443, E-mail: `aigner@math.fu-berlin.de`

- Algorithmische Kombinatorik, Graphentheorie

Prof. Dr. Martin Grötschel
Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik
Heilbronner Str. 10, 10711 Berlin
Tel.: 89604-210, E-mail: `groetschel@zib-berlin.de`

- Kombinatorische Optimierung

Prof. Dr. Heinz-Adolf Jung
Fachbereich Mathematik, MA 8–1
Technische Universität Berlin
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-25602, E-mail: `jung@math.tu-berlin.de`

- Graphentheorie

Prof. Dr. Rolf H. Möhring
Fachbereich Mathematik, MA 6–1
Technische Universität Berlin
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-24594, E-mail: `moehring@math.tu-berlin.de`

- Graphenalgorithmen, Kombinatorische Optimierung.

Prof. Dr. Hans-Jürgen Prömel
Institut für Informatik
Humboldt-Universität zu Berlin
Unter den Linden 6, 10099 Berlin
Tel.: 201 81 295, E-mail: proemel@informatik.hu-berlin.de

- Zufällige diskrete Strukturen, Graphenalgorithmen.

Prof. Dr. Ralph-Hardo Schulz
Institut für Mathematik II
Freie Universität Berlin
Arnimallee 3, 14195 Berlin
Tel.: 838-75433, E-mail: schulz@math.fu-berlin.de

- Codierungstheorie, Kombinatorik

Prof. Dr. Emo Welzl
Institut für Informatik
Freie Universität Berlin
Takustr. 9, 14195 Berlin
Tel.: 838-75150, E-mail: emo@inf.fu-berlin.de

- Algorithmische Geometrie, Diskrete Geometrie.

Prof. Dr. Günter M. Ziegler
Fachbereich Mathematik, MA 6–1
Technische Universität Berlin
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-25730, E-mail: ziegler@math.tu-berlin.de

- Diskrete Geometrie, Algorithmische Kombinatorik, Kombinatorische Optimierung.

3 Die Mitglieder des Kollegs

David Alberts
Freie Universität Berlin
Takustr. 9, 14195 Berlin
Tel.: 838-75164, E-mail: `alberts@inf.fu-berlin.de`

Stephan Brandt, Dr.
Freie Universität Berlin, FB Mathematik
Arnimallee 2-6, Raum 106, 14195 Berlin
Tel.: 838-75343, E-mail: `brandt@math.fu-berlin.de`

Lutz Kettner
Freie Universität Berlin
Takustr. 9, Raum 123, 14195 Berlin
Tel.: 838-75165, E-mail: `kettner@inf.fu-berlin.de`

Petra Knieper
Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Informatik, Unter den Linden 6, 10099 Berlin
(Dienstsitz: Lindenstr. 54a, 10177 Berlin)
Tel.: 201-81290, E-mail: `knieper@informatik.hu-berlin.de`

Ewa Malesińska
Technische Universität Berlin, FB Mathematik
Sekr. MA 6-1, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-25758, E-mail: `malesin@math.tu-berlin.de`

Hans Mielke
Freie Universität Berlin, FB Mathematik
Arnimallee 2-6, 14195 Berlin
E-mail: `mielke@math.fu-berlin.de`

Eva Nuria Müller
Freie Universität Berlin, FB Mathematik
Arnimallee 2-6, Raum 107, 14195 Berlin
Tel.: 838-75433, E-mail: `nuria@math.fu-berlin.de`

Peter Niemeyer
Technische Universität Berlin, FB Mathematik
Sekr. MA 8-2, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-25758, E-mail: `niemeyer@math.tu-berlin.de`

Andreas Parra
Technische Universität Berlin, FB Mathematik
Sekr. MA 6-1, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-25758, E-mail: `parra@math.tu-berlin.de`

Jörg Rambau
Technische Universität Berlin, FB Mathematik
Sekr. MA 6-1, Zimmer MA 706, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-25758, E-mail: `rambau@math.tu-berlin.de`

Frank Recker
Freie Universität Berlin
Arnimallee 2-6, 14195 Berlin
Tel.: 838-75343, E-mail: `recker@math.fu-berlin.de`

Andreas Schulz
Technische Universität Berlin, FB Mathematik
Sekr. MA 6-1, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-25791, E-mail: `schulz@math.tu-berlin.de`

Regina Urbaniak
Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (ZIB)
Heilbronner Str. 10, 10711 Berlin
Tel.: 89604-246, E-mail: `urban@zib-berlin.de`

Lorenz Wernisch, Dr.
Freie Universität Berlin
Takustr. 9, 14195 Berlin
Tel.: 838-75153, E-mail: `wernisch@inf.fu-berlin.de`

Hans–Martin Will
Freie Universität Berlin
Takustr. 9, 14195 Berlin
Tel: 838-75158, E-mail: `will@inf.fu-berlin.de`

Jörg Zuther
Technische Universität Berlin, FB Mathematik
Sekr. MA 8-1, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-27756, E-mail: `zuther@math.tu-berlin.de`

4 Kollegsvorlesung und –kolloquium

Von Dozenten und Gästen des Kollegs wird jeden Montag im Semester eine Vorlesung gehalten, die eine Einführung in ein Spezialgebiet aus dem Bereich algorithmische diskrete Mathematik gibt. Anschließend im Kolloquium werden speziellere Themen behandelt. Häufig vertieft der Kolloquiumsvortrag das Thema der Vorlesung. Vorlesungen und Kolloquien werden durch Aushang an den einzelnen Universitäten (Fachbereiche und Arbeitsgruppen der Dozenten, neben dem Sekretariat in der Takustr. 9, Raum 111) angekündigt. Außerdem werden eine Woche im voraus Termin, Ort und Thema der Veranstaltung über E-mail an interessierte Gruppen oder Einzelpersonen bekanntgegeben. (Interessenten können sich über die Koordinatorin des Kollegs, Bettina Felsner, auf einen Verteiler für das Verschicken der Ankündigungen setzen lassen.)

Vorlesungs- und Kolloquiumsplan des Kollegs

Termin	*VL 14–16*	*Koll 16–17*	*Ort*
16.10.	B. Reed, Paris		HU
23.10.	H. Fleischner, Wien	S. Brandt, FU	FU
30.10.	H. Fleischner, Wien	J. Rambau, TU	FU
6.11.	I. Wegener, Dortmund	P. McMullen, London	HU
13.11.	D. Alevras	R. Wessäly, ZIB	ZIB
20.11.	M. Grötschel	A. Martin, ZIB	ZIB
27.11.	P. Gritzmann, Trier		HU
4.12.	H.-P. Lenhof, Saarbrücken		FU
11.12.	H.-P. Lenhof, Saarbrücken	E. Malesińska, TU	FU
15.1.	R. Weismantel, ZIB	R. Weismantel	ZIB
22.1.	R. Weismantel, ZIB	R. Weismantel	ZIB
29.1.	G. M. Ziegler		TU
5.2.	G. M. Ziegler		TU

Die Veranstaltungen finden montags 14.00 – 16.00 Uhr bzw. 16.00 – 17.00 Uhr an wechselnden Orten statt.

Die Veranstaltungsorte sind:

(FU) Freie Universität Berlin,
Institut für Informatik, Takustr. 9, Raum 005;

(HU) Humboldt–Universität zu Berlin,
Fachbereich Informatik, Lindenstr. 54a, Raum 327

(TU) Technische Universität Berlin,
Fachbereich Mathematik, Str. des 17. Juni 136, Raum MA 301

(ZIB) Konrad–Zuse–Zentrum Berlin,
Heilbronner Str. 10, Kursraum 111 (1. Stock)

Die Kollegsvorlesungen im einzelnen

Montag, 16. Oktober 1995 [HU]
Bruce Reed, Universität Pierre & Marie Curie, Paris
(Thema wird bekanntgegeben)

Montag, 23. Oktober 1995 [FU]
Herbert Fleischner, Akademie der Wissenschaften Österreich, Wien
Kompatible Kreiszerlegungen und ihre Anwendungen

Gegeben sei ein Eulerscher Graph G ohne 2-valente Knoten und eine Eulersche Linie T in G. Eine Kreiszerlegung S von G heißt zu T kompatibel, wenn je zwei in T unmittelbar aufeinanderfolgende Kanten verschiedenen Kreisen in S angehören. Eine Vermutung von Gert Sabidussi aus dem Jahr 1975 besagt, daß es ein solches S stets gibt. Für den ebenen Fall konnte die Sabidussi'sche Vermutung in verallgemeinerter Form bewiesen werden, für den Fall nicht-ebener Graphen ist sie jedoch noch offen. Aus dem Resultat für ebene Eulersche Graphen folgt z.B. die Äquivalenz des Chinesischen Briefträger- Problems mit dem Problem der kostenminimalen Kreisüberdeckung in ebenen brückenlosen Graphen; im nicht-ebenen Fall ist jedoch diese Äquivalenz nicht gegeben. Für den nicht–ebenen Fall gibt es jedoch eine verallgemeinerte Vermutung, aus deren Gültigkeit sofort die Kreis–Doppelüberdeckung–Vermutung folgen würde. – Kompatible Kreiszerlegungen können auch zur Konstruktion eindeutig bestimmter dominierender Kreise in gewissen 3–regulären Graphen sowie zur Konstruktion 4–regulärer Graphen mit genau einem Hamiltonschen Kreis herangezogen werden.

Montag, 30. Oktober 1995 [FU]

Herbert Fleischner, Akademie der Wissenschaften Österreich, Wien

Das Erdős'sche Kreis–Plus–Dreiecke–Problem und einige Anwendungen

Sei G ein 4–regulärer Graph mit $3k$ Knoten, der eine 2–Faktorisierung in einen Hamiltonschen Kreis und Dreiecke besitzt. Du und Hsu vermuteten, daß ein solcher Graph k unabhängige Knoten besitzt; Erdős vermutete sogar allgemeiner, daß solche Graphen stets 3-Knoten-färbbar sind. Diese Vermutung wurde 1991 bewiesen. Später wurde dieses Resultat auf Graphen verallgemeinert, die sich in einen Hamiltonschen Kreis und disjunkte vollständige Teilgraphen zerlegen lassen. Außerdem folgt aus obigem Resultat ein einfacher Beweis des Seymour'schen 6–Fluß–Satzes für 3-reguläre Graphen mit dominierendem Kreis. Weiters ergeben sich Anwendungen in der kombinatorischen Zahlentheorie.

Folgende Veranstaltungen finden außerhalb der Vorlesungsreihe des Graduiertenkollegs statt:

Donnerstag, 2. November 1995,

Technische Universität Berlin, MA 301

Ricky Pollack, Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University (14.00 c.t.)

Quasi-Planar Graphs Have a Linear Number of Edges

A graph is called quasi-planar if it can be drawn in the plane so that no three of its edges are pairwise crossing. We show that the maximum number of edges of a quasi-planar graph with n vertices is $O(n)$. This is joint work with Pankaj K. Agarwal, Boris Aronov, János Pach and Micha Sharir.

Marie-Francoise Roy, Université de Rennes I (16.00 s.t.)

Computations in Real Algebraic Geometry

Sturm's theorem gives a method for deciding if a real polynomial has real roots and for counting them. The existence of various algorithms for much more general decision problems in real algebraic geometry was first proved by Tarski and Seidenberg in the early fifties (while a negative result is known for Diophantine equations). New algorithms performing these decision methods with improved complexity have been studied recently. This talk is an introductory survey to the history of the topic and these recent progresses.

Montag, 6. November 1995 [HU]

Ingo Wegener, Universität Dortmund

Binary Decision Diagrams - Komplexitätstheorie, Algorithmen und die Zahl der Springerkreise auf dem Schachbrett

Nicht erst seit der Verbreitung des fehlerhaften Pentium Dividierers sollte die Bedeutung der formalen Verifikation von Schaltkreisentwürfen evident sein. Der meistbenutzte Ansatz zur Lösung dieses NP-harten Problems besteht darin, Spezifikation und Schaltkreisentwurf in eine Darstellung zu übertragen, in der ein Gleichheitstest effizient möglich ist. Als Darstellungen werden verschiedene Varianten von BDDs (binary decision diagrams) benutzt. Der Vortrag gibt einen Überblick über diese Varianten. Effiziente Algorithmen zum Umgang mit BDDs werden ebenso vorgestellt wie komplexitätstheoretische Resultate über BDDs.

BDDs haben nicht nur Anwendungen bei der Verifikation, beim Testen und im CAD. Mit BDDs haben wir erstmals die Anzahl der Springerkreise (Hamiltonschen Kreise) auf dem 8x8-Schachbrett exakt bestimmt. Sie beträgt 33.439.123.484.294.

Montag, 13. November 1995 [ZIB]

Dimitris Alevras, Roland Wessäly, Konrad–Zuse–Zentrum Berlin

Dimensionierung von Mobilfunknetzen

In zwei aufeinanderfolgenden Vorträgen stellen wir verschiedene Aspekte der Dimensionierung von Mobilfunknetzen vor. Beginnend mit der Darstellung des gesamten Planungsprozesses beschäftigen wir uns im weiteren mit einem Problem, welches uns in einem Projekt von der **e-plus** Mobilfunk GmbH, einem der drei deutschen Mobilfunkanbieter (neben D1 und D2), gestellt wurde.

Gegeben ein Bedarf zwischen je zwei Knoten des Netzwerkes (jeder Knoten repräsentiert eine Stadt in Deutschland), wollen wir für jede mögliche Kante (jede Kante repräsentiert eine Verbindung zwischen zwei Städten) aus einer diskreten Menge von möglichen Kapazitäten so auswählen, daß das Netz (i) kostenminimal ist und (ii) den Bedarf unter folgenden Nebenbedingungen erfüllt: Eine Verbindung zwischen Städten kann verschiedene Medien, z.B. Mietleitungen der Deutschen Bundespost oder Richtfunksysteme verschiedener Frequenzen, nutzen, d.h. das Netz enthält möglicherweise parallele Kanten. Desweiteren soll das Routen des Bedarfs (a) zur Vermeidung technischer Probleme auf längenbeschränkten Wegen erfolgen und (b) höchstens einen zuvor bestimmten Prozentsatz des Bedarfs pro Weg erlauben. Schließlich sollen die gewählten Kapazitäten ein gewisses Maß an Ausfallsicherheit garantieren, d.h. bei Ausfall einer Kante oder eines Knotens sollen die Kapazitäten es erlauben, einen zu spezifizierenden Prozentsatz des Bedarfs umzuleiten. Zu einer Lösung gehören die gewählten Kapazitäten für jede Kante sowie die Pfade zur Befriedigung des Bedarfs in allen Ausfallsituationen.

Unsere Modellierung lehnt sich an M. Stoer und G. Dahl an. Wir formulieren das Problem als ein gemischt-ganzzahliges lineares Programm und beschreiben die assoziierten Polyeder mit Hilfe von Klassen von gültigen Ungleichungen. Dieses Modell, sowie Lösungsmethoden, Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Projekt bilden den Kern der Vorträge. Abschließend geben wir noch einen Ausblick auf Probleme des Routings, welches in obigem Problem nur unzureichende Beachtung findet.

Netzwerkoptimierung in der Telekommunikation

Unter diesem Thema finden 4 aufeinander abgestimmte Vorträge am 13. November und 20. November 1995 im Konrad–Zuse–Zentrum Berlin, Heilbronner Str. 10, Kursraum 111 (1. Etage) statt.

Montag, 20. November 1995 [ZIB]
Martin Grötschel, Konrad–Zuse–Zentrum Berlin
Optimierungsprobleme in der Telekommunikation

In diesem Vortrag wird ein Überblick über kombinatorische Optimierungsprobleme gegeben, die im Bereich der Telekommunikation auftreten. In den drei weiteren zu dieser Reihe gehörigen Vorträgen von A. Martin (siehe Kolloquium heute), D. Alevras und R. Wessäly (findet schon am 13. November 1995 statt!) wird ein Teil dieser Probleme detailliert diskutiert.

Das Konrad–Zuse–Zentrum Berlin präsentiert

Montag, 20. November 1995

Paul Erdős: "N is a number"

Im Anschluß an die Vorlesung von M. Grötschel und das Kolloquium mit A. Martin wird ein ca. einstündiger Film über das Leben und Werk von Paul Erdős gezeigt. Beginn: 17.45 Uhr.

Montag, 27. November 1995 [HU]
Peter Gritzmann, Universität Trier
Über Sonden und Orakel

Viele Probleme der (experimentellen) Wissenschaften lassen sich formulieren als die Aufgabe, nicht direkt zugängliche Informationen über interessierende Objekte aus (experimentell gewinnbaren) anderen Informationen über diese Objekte zu deduzieren. Eine konsequente Umsetzung dieses Ansatzes in der Mathematik führt insbesondere zu einer "Modularisierung" von Problemen, die es gestattet, zugrundeliegende fundamentale Aufgaben genauer zu lokalisieren.

Bekannte Beispiele für erfolgreiche Analysen dieser Art sind die von Grötschel, Lovász und Schrijver entwickelte *Algorithmische Theorie konvexer Körper*, in der untersucht wird, welche Typen von Informationen (repräsentiert durch *Orakel*) welche anderen Typen von Informationen implizieren, sowie in im Hinblick auf Anwendungen im Bereich der Robotics entwickelte Methoden des *geometric probing* (probe *engl. für Sonde*).

Im Vortrag sollen verschiedene weitere Beispiele ("Glanz und Elend") für solche Untersuchungen gegebene werden. Im einzelnen wird eine Frage der abstrakten numerischen Analysis beantwortet, ob die Konditionszahl linearer Transformationen mittels endlich vieler Normberechnungen nach oben abgeschätzt werden kann. Ferner werden einige neuere Ergebnisse der geometrischen und der diskreten Tomographie vorgestellt. Hierbei sollen Objekte aus durch "Röntgen-Bilder" gegebenen Informationen rekonstruiert werden. Fragen dieser Art treten aktuell in den Materialwissenschaften auf.

Montag, 4. Dezember 1995 [FU]
Hans-Peter Lenhof, Max-Planck-Institut für Informatik
(Thema wird bekanntgegeben)

Montag, 11. Dezember 1995 [FU]
Hans-Peter Lenhof, Max-Planck-Institut für Informatik
(Thema wird bekanntgegeben)

Montag, 15. Januar 1996 [ZIB]
Robert Weismantel, Konrad–Zuse–Zentrum Berlin
Neuere Ansätze in der kombinatorischen Optimierung, Teil 1
(Teil 2 im Anschluß, siehe Kolloquiums–Ankündigung)

Im Rahmen der 4 Vorträge zu obigem Thema stellen wir verschiedene Sätze der Art

" Für alle ...... existieren ......

" und ihre algorithmischen Konsequenzen vor.

Die erste Vorlesung beschäftigt sich mit Testmengen in der ganzzahligen Optimierung. Eine Menge von Vektoren heißt Testmenge eines ganzzahligen Programms, wenn es zu jedem nicht-optimalen Punkt des Programms einen Vektor in der Testmenge gibt, so daß der Punkt plus der Vektor in der Testmenge einen zulässigen Punkt definiert, welcher besseren Zielfunktionswert annimmt. Insbesondere werden in diesem Vortrag Nachbarschaftssysteme und die Graver-Testmenge behandelt.

Montag, 22. Januar 1996 [ZIB]
Robert Weismantel, Konrad–Zuse–Zentrum Berlin
Neuere Ansätze in der kombinatorischen Optimierung, Teil 3
(Teil 4 im Anschluß, siehe Kolloquiums–Ankündigung)

Simultane Diophantische Approximation ist das Problem, eine gegebene Menge von reellen Zahlen durch rationale Zahlen mit beschränktem Nenner möglichst gut zu approximieren. In diesem Vortrag wird zunächst ein kurzer Überblick über dieses grundlegende Problem der Gittertheorie gegeben. Speziell wird der "Preprocessing"–Algorithmus von Frank & Tardos und Konsequenzen daraus besprochen. Dieser Algorithmus ersetzt mit Hilfe von simultaner Diophantischer Approximation eine gegebene Zielfunktion eines ganzzahligen Programms durch eine neue Funktion, wobei die Kodierungslänge der Koeffizienten durch ein Polynom in der Anzahl der Spalten des ganzzahligen Programms beschränkt werden kann.

Montag, 29. Januar 1996 und 5. Februar 1996 [TU]
Günter M. Ziegler, Technische Universität Berlin
Was ist Homologie, und was nützt sie uns?

In dieser Vorlesung möchte ich eine ganz intuitive, konkrete, kombinatorische Einführung in einige wesentliche Ideen der Algebraischen Topologie, insbesondere der Homologie- und Kohomologietheorie geben. Dabei geht es *nicht* um die technische Herleitung des (hochentwickelten) Apparats, sondern um Strukturen, die in *fast jedem* Teilgebiet der Mathematik auftreten und die deshalb auch für fast alle nützlich sein können. Themen sollen u.a. sein:

- Was ist Homologie? Wieviel Homologie hat ein Stück Emmentaler?
- Wie kann man Homologie berechnen? Die Homologie von Graphen.
- Topologische Invarianz; die Euler-Poincaré-Formel.
- Wie kann man Homologie berechnen, II? Wer waren Mayer und Vietoris?
- Was ist Kohomologie? Die Kohomologie von "Unmöglichen Figuren".
- Charakteristische Klassen, Einbettungsprobleme und Dualitätstheorie
- (Ko)homologie als ein Komplexitätsmaß, und eine Anwendung.

Voraussetzungen: diese Vorlesungen sind gedacht für alle, die Algebraische Topologie I und II *nicht* genossen haben.
Sie sind unabhängig von meiner Vorlesung "Diskrete Strukturen und ihre Topologie."

Herbstschule

des Graduiertenkollegs "Algorithmische Diskrete Mathematik"

9. bis 11. Oktober 1995, Buckow

Thema: Zufällige Strukturen und Algorithmen

Anmeldungen sind leider nicht mehr möglich. Die nächste Schule findet voraussichtlich im Frühjahr 1996 statt. Für rechtzeitige Informationen bitte bei der Koordinatorin des Kollegs anfragen.

Die Kolloquiumsvorträge im einzelnen

Gemeinsame Veranstaltung mit dem Graduiertenkolleg "Signalketten in lebenden Bereichen"

Montag, 16. Oktober 1995,
Freie Universität Berlin, Institut für Informatik
Großer Hörsaal

Thomas Lengauer, GMD, Sankt Augustin (18.00 Uhr)
Rechnergestützte Vorhersage von Rezeptor-Ligand Wechselwirkungen

Ein für den Entwurf von biologischen Wirkstoffen, z.B. Medikamenten, zentrales Problem ist die Analyse der Wechselwirkungen zwischen Proteinen und niedermolekularen organischen Verbindungen. In dem Vortrag wird eine Methode vorgestellt, mit der die Analyse solcher Bindungen, das sogenannnte "molekulare Docking" in wenigen Minuten auf einer Workstation durchgeführt werden kann.

Der Vortrag beginnt mit einer Einführung anhand eines Beispiels aus der Krebstherapie. Sodann werden die Vor- und Nachteile des sogenannten "rationalen" Wirkstoffentwurfs diskutiert. Das Zentrum des Vortrages bildet die Beschreibung der auf diskreten Berechnungsmethoden beruhenden Strategie zum molekularen Docking sowie der mit dem Docking-Tool erzielten Resultate.

Der Vortrag beschreibt Ergebnisse gemeinsamer Forschung mit Matthias Rarey, Bernd Kramer und Stephan Wefing von der GMD, St. Augustin.

Montag, 23. Oktober 1995 [FU]
Stephan Brandt, Freie Universität Berlin
(Thema wird bekanntgegeben)

Montag, 30. Oktober 1995 [FU]
Jörg Rambau, Technische Universität Berlin
The higher Stasheff-Tamari posets

Any triangulation of the cyclic d-polytope $C(n,d)$ with n vertices gives rise to a unique piecewise linear section s_T in $C(n,d+1)$ with respect to the projection $C(n,d+1)$ that forgets the last coordinate. The space of all those piecewise linear sections — and hence of all triangulations of $C(n,d)$ — has two (different?) quite natural partial orders, recently suggested by Edelman & Reiner.

The first one is defined as the transitive closure of the covering relation "$s_T < s_{T'}$ between two sections s_T and $s_{T'}$ if exactly one $(d+1)$-simplex C fits between them in $C(n, d+1)$ where s_T contains the lower facets and $s_{T'}$ contains the upper facets of C."

The second one is simply defined by "$s_T \leq s_{T'}$ if the last coordinate of $s_T(x)$ is smaller or equal the last coordinate of $s_{T'}(x)$ for all $x \in C(n, d)$." This partial order has a unique maximal element, namely the upper facets of $C(n, d+1)$, and a unique minimal element, the lower facets of $C(n, d+1)$.

If $d = 2$ then in both cases one gets the well-studied Tamari-lattice T_n. In the talk it will be shown that the first partial order has exactly the same unique extrema in all dimensions. This implies in particular that for all $d, n > d$ the space of all triangulations of $C(n, d)$ is connected by bistellar operations.

Montag, 6. November 1995 [HU]
Peter McMullen, University College, London
Three ways to measure polytopes: algebra and combinatorics

Montag, 13. November 1995 [ZIB]
Dimitris Alevras, Roland Wessäly, Konrad–Zuse–Zentrum Berlin
Dimensionierung von Mobilfunknetzen (siehe Vorlesungsankündigung oben)

Montag, 20. November 1995 [ZIB]
Alexander Martin, Konrad–Zuse–Zentrum Berlin
Routing in ATM Netzwerken

ATM (Asynchronous Transfer Mode) ist ein Transportverfahren für Breitbandnetze, das für Hochgeschwindigkeitsnetze in der Telekommunikation immer mehr an Bedeutung gewinnt. In diesem Vortrag befassen wir uns mit einem Problem, das bei der Auslegung von ATM-Netzen entsteht.

Ein ATM-Netz nutzt die Übertragungskanäle des zugrundeliegenden physikalischen Netzes. Die Knoten des physikalischen Netzes bilden die sogenannten Digital Cross Connects (DCCs), die durch eine Menge von Glasfasern miteinander verbunden sind. Einige dieser DCCs sind als sogenannte ATM-Switches ausgezeichnet und definieren die Knoten des ATM-Netzes. Die Kanten des ATM-Netzes heißen Express-Leitungen, von denen jede einem Weg im physikalischen Netz entspricht. Außerdem hat jede Express-Leitung eine Kapazität, die von der Übertragungsgeschwindigkeit der Endstücke an den beiden Enden der Leitung bestimmt wird. Darüber hinaus ist eine Liste von Anforderungen gegeben. Jede Anforderung entspricht einer Datenmenge, die auf einem Weg zwischen zwei ATM-Knoten übertragen werden muß.

Das Problem besteht nun darin, eine Menge von Express-Leitungen des ATM-Netzes zu wählen, so daß für jede Verbindung im physikalischen Netzwerk die Anzahl Express-Leitungen, die diese Verbindung benutzen, die Anzahl Glasfasern dieser Verbindung nicht überschreitet und so daß alle Anforderungen unter Einhaltung der Kapazitäten der Express-Leitungen bedient werden können. Darüber hinaus ist eine Zielfunktion, die die durchschnittliche Verzögerung bei der Übertragung der Datenmengen widerspiegelt, zu minimieren. Wir betrachten dieses Problem aus polyedrischer Sicht und entwickeln einen Branch-and-Cut Algorithmus, der eine optimale Lösung für das Problem findet oder (zumindest) eine Garantie für die Qualität der besten gefundenen Lösung gibt.

Montag, 11. Dezember 1995 [FU]
Ewa Malesińska, Technische Universität Berlin
Optimierungskriterien für ein Frequenzzuweisungsproblem

Montag, 15. Januar 1996 [ZIB]
Robert Weismantel, Konrad–Zuse–Zentrum Berlin
Neuere Ansätze in der kombinatorischen Optimierung, Teil 2

Eine spezielle Testmenge für eine Familie von ganzzahligen Programmen ist die sogenannte reduzierte Gröbner-Basis. Gröbner-Basen sind Erzeugendensysteme von Polynomidealen und spielen in der algorithmischen Algebra eine wichtige Rolle. Wir werden in diesem Vortrag zeigen, wie sich Gröbner-Basen für ganzzahlige Programme geometrisch interpretieren lassen.

Montag, 22. Januar 1996 [ZIB]
Robert Weismantel, Konrad–Zuse–Zentrum Berlin
Neuere Ansätze in der kombinatorischen Optimierung, Teil 4

Die letzte Vorlesung in der Reihe behandelt Anwendungen neuerer Ansätze aus der Geomerie der Zahlen für die ganzzahlige Optimierung. Wir werden unter anderem zeigen, daß es zu jeder Matrix $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ und Zielfunktion $c \in \mathbb{R}^n$ eine endliche Menge von Matrizen $T_1, \ldots T_k$ gibt, so daß für jede rechte Seite $b \in \mathbb{R}^m$ einer der Vektoren $T_1 b, \ldots T_k b$ die Optimallösung des ganzzahligen Programms

$$\max cx : Ax \leq b, x \text{ ganzzahlig}$$

darstellt.

5 Lehrveranstaltungen im Winter 1995/96

5.1 Freie Universität Berlin

Codierungstheorie [Vorlesung]

Dozent: Aigner; Vorlesungszeit: Mi, Fr 12-14 Uhr, 3-stündig; Übungen: Aigner, n.V., 1-stündig; Veranstaltungsort: Arnimallee 2–6, SR 25/26.

Inhalt: Die Codierungstheorie beschäftigt sich mit der Frage, wie man Nachrichten sicher übertragen kann, wobei zwei Aspekte im Vordergrund stehen: Korrektur von (zufälligen) Fehlern (fehlerkorrigierende Codes) und Geheimhaltung (Kryptographie). Einige Themen:

1. Grundbegriffe der Informationstheorie
2. Die Hauptsätze von Shannon
3. Fehlerkorrigierende Codes
4. Lineare und algebraische Codes
5. Kryptographie

Literatur: MacWilliams-Sloane: The Theory of Error Correcting Codes, Van Lint: Introduction to Coding Theory, Welsh: Codes and Cryptography

Optimierung [Vorlesung]

Dozent: Alt; Vorlesungszeit: Mo, Mi 10-12 Uhr, 3-stündig; Übungen: Alt, Godau, n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 053.

Inhalt: Mathematische Optimierung mit vielfältigen Anwendungen in Wirtschaft und Technik; lineare Optimierung mit Verallgemeinerungen wie konvexe Optimierung; Standardverfahren: Simplex-, Ellipsoid-, Innere-Punkt-Methoden; Kombinatorische Optimierung: Probleme wie Netzwerkfluß, kürzeste Wege, Matching, geometrische Optimierungsprobleme, NP-Vollständigkeit.

Literatur: Chvátal, V.: Linear Programming, Freeman, New York, 1983. Schrijver, A.: Theory of Linear and Integer Programming, J. Wiley, New York, 1986. Papadimitriou, C.H./Steiglitz, K.: Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, Prentice Hall, 1982

Graphenalgorithmen: Perfekte Graphen [Vorlesung]

Dozent: Felsner; Vorlesungszeit: Di, Do 14-16 Uhr, 3-stündig; Übungen: Felsner, N.N., n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.

Inhalt: Graphen, die in praktischen Problemen auftreten, sind in vielen

Fällen mit speziellen strukturellen Eigenschaften ausgestattet. Für solche Graphen kann man häufig effiziente Algorithmen auch für Probleme angeben, deren Lösung für allgemeine Graphen hoffnungslos wäre. Beispiele solcher gutartigen Graphenklassen sind Intervallgraphen, triangulierte Graphen und Permutationsgraphen. In der Vorlesung werden solche Graphenklassen und speziell angepaßte Algorithmen behandelt.

LITERATUR: Klassisch ist M.C. Golumbic: Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs. Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben.

Entwurf und Analyse von Algorithmen [Vorlesung]

Dozent: Welzl; Vorlesungszeit: Di, Do 10-12 Uhr, 3-stündig; Übungen: Welzl, Andrzejak, n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Takustraße 9, Hörsaal.

INHALT: Der Entwurf von Algorithmen bildet einen Kernbereich der Informatik. Diese Vorlesung ist die einführende Veranstaltung zur Algorithmik und Grundlage für die meisten anderen Veranstaltungen in der Theoretischen Informatik. Inhalt ist der Entwurf 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. Mehlhorn: Data Structures and Algorithms 1-3, Springer 1984.

Diplomanden- und Doktorandenseminar: Theoretische Informatik

Dozent: Alt, Welzl; Veranstaltungszeit: Di, Mi, 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 in der Takustr. 9, gegenüber Raum 111, ausgehängt.

Seminar über Graphentheorie

Dozent: Aigner, Felsner; Veranstaltungszeit: Fr 14-16 Uhr; Veranstaltungsort: Arnimallee 2-6, SR 025/026.

INHALT: Es werden Themen aus der Graphentheorie behandelt, hauptsächlich aus dem Bereich Ebene Graphen.

Seminar: Effiziente Algorithmen in der Kartographie

Dozent: Wagner; Veranstaltungszeit: n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Takustr. 9, Raum wird noch bekanntgegeben

INHALT: Der computergestützte Entwurf von Landkarten sowie die Entwicklung von Benutzerschnittstellen für Geographische Informationssysteme sind aus Sicht der Algorithmik und vor allem der algorithmischen Geometrie reizvolle Anwendungsbereiche. Wir werden Arbeiten über Probleme wie die Vergröberung von Darstellungen, Polygonvereinfachung, die Beschriftung und die Lösung geometrischer Probleme für große Datenmengen besprechen.

VORAUSSETZUNGEN: Kenntnisse aus den Vorlesungen "Algorithmische Geometrie" oder "Entwurf und Analyse von Algrithmen" sind hilfreich

Seminar über Algorithmen zur Analyse von DNA-Sequenzen

Dozent: Hoffmann, Wernisch, Welzl; Veranstaltungszeit: n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Takustr. 9, Raum wird noch bekanntgegeben. Die Vorbesprechung findet am 19.10.1995, 16 Uhr c.t., Takustr. 9, SR 039 statt.

INHALT: Das starke Interesse an der Analyse von DNA-Strängen führt zu einer Reihe von interessanten und schwierigen kombinatorischen und algorithmischen Fragen. Dazu gehören etwa die Rekonstruktion von Artenstammbäumen aus Ähnlichkeiten von DNA-Sequenzen (oder auch von anderen Merkmalskomplexen), die Prognose der Struktur von Proteinen aufgrund ihrer Ähnlichkeit zu bekannten Proteinen. So muß ein DNA-Strang zum Beispiel in zahlreiche überlappende Einzelteile zerlegt werden. Das Zusammenfügen dieser Teile gleicht einem riesigen Puzzle, das durch nicht zu vermeidende kleine Fehler bei der chemischen Analyse noch komplexer wird. Die Lage eines Gens in diesem Puzzle muß durch wahrscheinlichkeitstheoretische Analysen von Merkmalsausprägungen in ganzen Familien bestimmt werden. Im Seminar sollen einige der neuesten Ergebnisse zu diesen und verwandten Themen anhand von Originalarbeiten behandelt werden.

LITERATUR: Watermann, M.S.: Math. Methods for DNA Sequences, CRC Press

Praktikum zu Bildverarbeitung, Mustererkennung und Computer-Vision

Dozent: Alt, Weber; Veranstaltungszeit: n.V., 3-stündig; Veranstaltungsort: Takustr. 9, Raum wird noch bekanntgegeben

INHALT: Zusammenarbeit in Arbeitsgruppen, Implementierung von Bildverarbeitungsoperationen: Filterung, Segmentierung, Kantenerkennung; Implementierung von Algorithmen zur Formerkennung mit Anwendung z.B. auf Buchstaben- oder Verkehrszeichenerkennung.

5.2 Humboldt–Universität zu Berlin

Matching Algorithmen [Vorlesung]

Dozent: Hougardy; Vorlesungszeit: Di 12-14 Uhr; Veranstaltungsort: Lindenstraße 54a, Raum 015.

INHALT: Das Problem, ein maximales Matching in einem Graphen zu finden, tritt in einer Vielzahl von Anwendungen auf. So läßt sich z.B. die optimale Zuweisung von Jobs auf ein Multiprozessorsystem als Matching-Problem formulieren. In der Vorlesung werden effiziente Algorithmen zur Lösung des Matching-Problems vorgestellt.

Komplexität Boolescher Funktionen [Vorlesung]

Dozent: Srivastav; Vorlesungszeit: Mi 14-16 Uhr; Veranstaltungsort: Lindenstraße 54a, Raum 016.

INHALT: In dieser Vorlesung behandeln wir die Theorie Boolescher Funktionen (u.a. Minimierung, Schaltkreiskomplexitäte Probabilistische Schaltkreise) und ihre Anwendungen, z. B. im VLSI-Design und in der formalen Verifikation. LITERATUR: I. Wegener, The Complexity of Boolean Functions, Wiley-Interscience, 1987.

Parallele Algorithmen [Seminar]

Dozent: Prömel, Hougardy; Veranstaltungszeit: Do 10-12 Uhr; Veranstaltungsort: Lindenstraße 54a, Raum 015.

INHALT: Die Zukunft immer leistungsfähigerer Rechnersysteme liegt in den parallelen Rechnerarchitekturen. Um diese sinnvoll nutzen zu können, müssen jedoch auch geeignete parallele Algorithmen zur Verfügung stehen. In diesem Seminar sollen grundlegende Algorithmen für parallele Rechnerarchitekturen behandelt werden.

Forschungsseminar

Dozent: Prömel; Veranstaltungszeit: Mi 16 Uhr; Veranstaltungsort: Lindenstraße 54a, Raum 015.

INHALT: Vorträge über eigene Forschung und Originalarbeiten aus der theoretischen Informatik und der Diskreten Mathematik gemäß gesonderter Ankündigung. Interessenten wenden sich bitte an D. Grable
(E-mail: `grable@informatik.hu-berlin.de`, Tel.: 20181-352).

5.3 Technische Universität Berlin

Anwendungen der ganzzahligen Optimierung [Vorlesung]

Dozent: M. Grötschel; Vorlesungszeit: Mi 16-18 Uhr, 2-stündig; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA 366.

INHALT: Ziel der Vorlesung ist die detaillierte Analyse konkreter Anwendungsprobleme der ganzzahligen Optimierung. Dabei werden sowohl die mathematische Modellierung der praktischen Fragestellungen, die Entwicklung der zugehörigen mathematischen Theorie und problem-adäquater Algorithmen behandelt. Die Untersuchung folgender Anwendungsbereiche ist vorgesehen: Steuerung von NC-Maschinen, von Hochregallagern, von Kommissioniersystemen und von fahrerlosen Transportsystemen, Behindertentransport in Berlin, Fahrzeugeinsatzplanung, verschiedene Probleme des VLSI-Design, Optimierung von Telekommunikationsnetzen. Alle Fallstudien sind in meiner Arbeitsgruppe am Konrad-Zuse-Zentrum entstanden. Im Rahmen der Vorlesung ist die Besichtigung einer Partnerfirma geplant, mit der zur Zeit ein Projekt durchgeführt wird.

Im SS 96 wird eine fortsetzende Vorlesung "Numerische Methoden der ganzzahligen Optimierung" angeboten.

Effiziente Algorithmen: Von der Theorie zur Praxis [Vorlesung]

Dozent: J. Gustedt; Vorlesungszeit: Fr 8-10 Uhr, 2-stündig; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA 642.

INHALT: In der Vorlesung möchte ich einen Bogen spannen, der von

1. völlig theoretischen,
2. über praktikable
3. bis hin zu wirklich guten

Ansätzen zur Lösung gewisser algorithmischer Probleme reicht. Als "alte Bekannte" werden uns dabei z.B. Sortierprobleme und das sogenannte *Union-Find*-Problem begegnen, für die es sowohl verschiedene algorithmische Lösungsansätze als auch untere Schranken für die Laufzeit in bestimmten Berechnungsmodellen gibt.

Dabei werden wir verschiedene Bewertungskriterien für Algorithmen kennenlernen, die entscheidend für eine solche Einordnung sind, z.B.

1. CPU-Zeit,

2. Real-Zeit,
3. Speicher- und Prozessorbedarf,
4. Speicherorganisation

und werden versuchen diese Kriterien sowohl in theoretischen Rechnermodellen wiederzufinden, als auch aufzuzeigen wie Programmiersprachen wie Pascal, C und C++ diese Kriterien beeinflussen können.

Konvexgeometrie [Vorlesung]

Dozent: M. Henk; Vorlesungszeit: Mi 16-18 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA 642.

Inhalt: Diese Vorlesung bietet eine Einführung in die Geometrie konvexer Körper. Ein erstes systematisches Studium von konvexen Mengen geht auf Brunn zurück (1862-1939). Diese Untersuchungen sind von Minkowski (1864-1909) vertieft worden, und von ihm sind auch so grundlegende Begriffe wie Stützfunktion, gemischtes Volumen usw. eingeführt worden.

Nach einer ausführlichen Erörterung der benötigten geometrischen Grundlagen (Stützfunktion, Distanzfunktion, Trennungssatz, usw.) werden zunächst die Sätze von Carathéodory, Helly und Radon bewiesen, die gewisse kombinatorische Eigenschaften von konvexen Mengen ausdrücken. Anschließend werden verschiedene Funktionale (Inkugelradius, Dicke, gemischte Volumina, usw.) auf dem Raum der konvexen Körper eingeführt und Beziehungen zwischen diesen Funktionalen hergeleitet. Unter anderem wird der Satz von Brunn-Minkowski über das Verhalten des Volumens einer positiven Linearkombination von zwei konvexen Körpern und die isoperimetrische Ungleichung bewiesen, die besagt, daß die Kugel der Körper mit kleinster Oberfläche bei gegebenem Volumen ist. Um solche Aussagen zu beweisen, werden verschiedene “Konstruktionen” (Steiner-Symmetrisierung, Schwarzsche-Abrundung) betrachtet, die einen konvexen Körper in einen “symmetrischeren” überführen.

Literatur: Tommy Bennesen and Werner Fenchel: Theorie der konvexen Körper, Springer, Berlin 1934, Reprint: Chelsea Publ. Co., New York, 1948.

Kombinatorik [Vorlesung]

Dozent: H.-A. Jung; Vorlesungszeit: Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA .

Inhalt: Klassische Themen der Kombinatorik, z.B. Partitionen, Ramseytheorie, Kodierung, Lateinische Quadrate.

Mehrgüterfluß–Probleme [Vorlesung]

Dozent: A. Martin; Vorlesungszeit: Di 16-18 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA 644.

INHALT: In dieser Vorlesung werden wir Probleme betrachten, bei denen in einem Netzwerk verschiedene Güter versendet werden sollen, wobei auf den Verbindungen Kapazitätsbedingungen eingehalten werden müssen. Solche Probleme treten beispielsweise in der Telekommunikation, im VLSI-Design oder in der Produktionsplanung auf. Wir beschäftigen uns mit ganzzahligen und nicht-ganzzahligen Varianten dieses Problems sowohl aus theoretischer als auch praktischer Sicht. Insbesondere interessieren wir uns für Fragestellungen der folgenden Art:

- Was sind notwendige und hinreichende Bedingungen für die Existenz einer (ganzzahligen) Lösung? Dies führt uns zu Metriken, Schnitten und deren Verallgemeinerungen.
- Wie gebrochen können Lösungen sein, das heißt was ist das kleinste q, so daß qx ganzzahlig ist für alle Lösungen x?
- Unter welchen Voraussetzungen kann das Problem polynomial gelöst werden? Hier behandeln wir unter anderem Lagrange- und Dekompositionsmethoden sowie Themen der topologischen Graphentheorie (hier insbesondere Arbeiten von Okamura & Seymour, Frank und Schrijver).
- Gibt es auch Fälle, für die (bezüglich einer Gewichtsfunktion) optimale Lösungen bestimmt werden können?

Inzidenzgeometrie und ihre Algorithmen [Vorlesung]

Dozent: J. Richter–Gebert; Vorlesungszeit: Fr 10-12 Uhr, 2-stündig; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA 642.

INHALT: Eines der klassischen Gebiete der Mathematik ist die ebene und räumliche Inzidenzgeometrie. Bereits in der Schule lernt man, daß die Winkelhalbierenden eines Dreiecks sich schneiden und daß die Ecken eines Halbkreises zu jedem Punkt auf dem Halbkreis einen rechten Winkel bilden. Weniger bekannt ist hingegen, daß man derartige Effekte systematisch als Sätze der komplexen projektiven Geometrie auffassen, erklären und vereinheitlichen kann.

In der Vorlesung werden wir, ausgehend von Inzidenzsätzen der projektiven Ebene (wie den Sätzen von Pappos und Desargues) versuchen, Beweisstrukturen zu erkennen, zu verallgemeinern und auf andere Probleme zu übertragen. Drei Ziele stehen dabei im Vordergrund:

- das Entwickeln von Algorithmen, welche Beweise für Sätze der euklidischen oder projektiven Geometrie automatisch finden können.
- das Vertrautwerden mit verschiedenen klassischen Konzepten an der Grenzlinie von Geometrie und Algebra (Kleins' Invariantentheorie, Grassmann-Plücker-Koordinaten, Cayley Algebra, ...).
- einen Überblick über das (oftmals wunderschöne) Zusammenspiel verschiedener Zweige der Geometrie zu bekommen (projektive, euklidische, elliptische, hyperbolische Geometrie, Kreisgeometrie, ...).

Kombinatorische Optimierung [Vorlesung]

Dozent: G. M. Ziegler; Vorlesungszeit: Di, Mi 12-14 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA 041/MA 043. Übungen: Hund, Mi 14-16 Uhr; Veranstaltungsort: MA 041.

INHALT: Viele in der „Praxis" auftretende Optimierungs-, Planungs- und Steuerungsprobleme lassen sich als Optimierungsprobleme auf endlichen Graphen modellieren.

In dieser Vorlesung geht es zunächst um solche Probleme darunter, die sich „effektiv" (im Sinne der Komplexitätstheorie) lösen lassen: kürzeste Wege, aufspannende Bäume, Matchings, Netzwerk-Flüsse, usw. Für die Diskussion effektiver Lösungsverfahren werden wir auch die Grundbegriffe der Graphentheorie entwickeln, und sehr allgemeine algorithmische Prinzipien kennenlernen: darunter Greedy-, Augmentierungs- und Primalduale Verfahren.

Danach diskutieren wir Lösungsstrategien für NP-vollständige (komplexitätstheoretisch vermutlich schwere) Probleme: primale und duale Heuristiken, polyedrische Ansätze, und schließlich Verfahren zur Lösung allgemeiner ganzzahliger und gemischt-ganzzahliger Probleme.

In den Übungen soll unter anderem „Modellierung" geübt werden: die günstige Formulierung praktischer Situationen als mathematische Optimierungsprobleme.

Diskrete Strukturen und ihre Topologie [Vorlesung]

Dozent: G. M. Ziegler; Vorlesungszeit: Do 16-18 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA 361.

INHALT: Es gibt Situationen im mathematischen Leben, in denen man gar nicht vermuten würde, daß Methoden der Algebraischen Topologie ihre Hand im Spiel haben: zum Beispiel wenn sich ein paar Panzerknacker um die Diamanten, Saphire und Rubine auf einem Platincollier streiten, alle natürlich gleichviel von jeder Sorte bekommen sollen und man dem Collier möglichst wenig Schnitte zufügen möchte, wegen des wertvollen Platins...

In dieser Vorlesung möchte ich den Blick für Situationen schärfen, in denen sich topologische Information hinter diskreten Strukturen verbirgt, und in denen es ausgesprochen nützlich sein kann, mit topologischen Argumenten zu hantieren. Als weitere Beispiele möchte ich die Frage diskutieren, wie viele Paare man vergleichen muß, um festzustellen, ob sich unter n reellen Zahlen k gleiche befinden und das bedeutsame Problem, ob man jedes (dreidimensionale) Sandwich mit einem Schnitt so aufteilen kann, daß jede Hälfte gleich viel Brot, Butter und Schinken enthält. (Das geht, was damit zusammenhängt, daß Igel schwer zu kämmen sind.)

Ganz „nebenbei“ hoffe ich dabei eine ganz praktische Einführung in den Gebrauch von nützlichen Arten von Hämmern, Bohrern und Stemmeisen aus dem Werkzeugkasten der Algebraischen Topologie zu geben, wie Homologieberechnungen, Schälbarkeit, die Sätze vom Borsuk-Ulam Typ und Fixpunktformeln.

(*I have the feeling that we don't understand all the extraordinary interplay of combinatorics and what I would call "conceptual" mathematics.* — J. Dieudonné)

16. Berliner Algorithmen Tag

2. Februar 1996, Technische Universität Berlin

Hauptvortragender: Imre Bárány (Institute of Mathematics, Hungarian Academy of Science, Budapest)
Ein detailliertes Programm wird rechtzeitig angekündigt und verteilt.
Ansprechpartner ist Prof. Günter M. Ziegler,
`ziegler@math.tu-berlin.de`

Routen– u. Fahrzeugeinsatzplanungsprobleme [Seminar]

Dozent: Grötschel; Veranstaltungszeit: n.V.; Veranstaltungsort: n.V..

INHALT: Im Rahmen dieses Seminars werden wir uns mit Algorithmen zur Lösung von Routen- und Fahrzeugeinsatzplanungsproblemen befassen. Behandelt werden Artikel der Forschungsliteratur über approximative Verfahren sowie polyedrische Ansätze zur Lösung von Routen- und Fahrzeugeinsatzplanungsproblemen.

Seminar Graphentheorie

Dozent: H.-A. Jung; Veranstaltungszeit: Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA .

INHALT: Einzelthemen mit Schwerpunkten, Graphen und Gruppen, Färbung von Graphen.

Diplomanden- und Doktorandenseminar

Dozent: R. H. Möhring; Veranstaltungszeit: Do 10-12 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA 645

Lineare Programmierung [Seminar]

Dozent: G. M. Ziegler; Veranstaltungszeit: Di 16-18 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, MA 749.

INHALT: „Lineare Programmierung" ist das Problem, unter den Lösungen eines linearen Ungleichungssystems eine Lösung zu finden, die eine lineare „Zielfunktion" optimiert. Geometrisch geht es also darum, von einem (durch lineare Ungleichungen gegebenen) Polyeder eine höchste Ecke zu finden. Das Problem ist theoretisch interessant und praktisch äußerst wichtig.

In diesem Seminar wollen wir uns auf die Analyse des *Simplexverfahrens* konzentrieren. Insbesondere geht es darum, verschiedene mögliche *Pivotregeln* zu analysieren.

Aus dem Vergleich verschiedenartiger Konstruktionen von linearen Programmen, auf denen einige Pivotregeln „exponentiell viele Schritte machen", versuchen wir die Struktur zu verstehen, die das Simplexverfahren zwar in der Praxis schnell, aber komplexitätstheoretisch fragwürdig machen. Deshalb diskutieren wir auch, sozusagen als Kontrast, Resultate, die auf zufälligen Problemen „im Durchschnitt" polynomiale Laufzeit versprechen, und randomisierte Verfahren, für die zumindest subexponentielle Laufzeitschranken bewiesen werden können.

6 Semesterberichte der Stipendiaten

David Alberts

Name:	David Alberts
Betreuer:	Prof. Dr. Emo Welzl
Arbeitsbereich:	Algorithmische Graphentheorie
Thema:	Dynamische Graphalgorithmen
Stipendiat	im Graduiertenkolleg seit April 1993

Darstellung des Promotionsthemas

Der Titel meiner Dissertation lautet "Dynamic Connectivity in Graphs/Theory and Practice". Die Dissertation ist vom Inhalt her fertig und zu einem guten Teil bereits geschrieben.

Das dynamische Zusammenhangsproblem in Graphen ist folgendes. Gesucht ist eine Datenstruktur, die es erlaubt, Kanten in einen Graphen einzufügen und aus ihm zu entfernen und Anfragen der Form: "Sind die Ecken u und v im aktuellen Graph durch einen Weg verbunden?" zu beantworten. Das Zusammenhangsproblem ist eine typische und grundlegende Fragestellung im Gebiet der dynamischen Graphalgorithmen. Es gibt bereits eine umfangreiche Forschung in diesem Gebiet, die jedoch rein theoretisch ausgerichtet ist. Ziel dieser Dissertation ist es, neben der Theorie auch den praktischen Aspekt dynamischer Graphalgorithmen anhand des Zusammenhangsproblems zu behandeln.

Der theoretische Teil der Dissertation beinhaltet einen Überblick über verschiedene Datenstrukturen zur Lösung des Zusammenhangsproblems sowie die Ihnen zugrundeliegenden allgemeineren Ideen. Außerdem wird eine allgemeine Methode zur Analyse der durchschnittlichen Laufzeit dynamischer Graphalgorithmen bei zufälligen Eingaben vorgestellt [?, ?, ?]. Das Modell für die zufälligen Eingaben ist dabei relativ flexibel und praxistauglich.

Im praktischen Teil wird der Algorithmus von Monika Rauch Henzinger und Valerie King [?] – der derzeit theoretisch schnellste für das Zusammenhangsproblem – implementiert und mit einer Reihe Implementationen anderer Algorithmen für dasselbe Problem verglichen. Es wird die Praxistauglichkeit der Algorithmen unter verschiedenen Eingabebedingungen getestet. Dabei werden sowohl zufällige wie auch strukturierte und aus Anwendungen stammende Eingaben berücksichtigt. Es wird eine Variante des Algorithmus von Rauch Henzinger und King vorgestellt, die in der Praxis bei zufälligen Eingaben schneller als der ursprüngliche Algorithmus ist. Erste Ergebnisse stehen in [?]. Die Implementation erfolgt in C++ teilweise unter Verwendung von LEDA, der Library of Efficient Data Types and Algorithms von Kurt Mehlhorn und Stefan Näher [?].

Aktivitäten im SoSe 95

- Ich habe den dynamischen Zusammenhangs-Algorithmus in [?] implementiert und einen technischen Bericht dazu geschrieben [?].
- Mit Pippo Cattaneo und Pino Italiano habe ich ein paper über praktische Eigenschaften verschiedener Graphalgorithmen geschrieben [?].
- Ich habe einen Teil meiner Dissertation geschrieben. In den verbleibenden zwei Monaten des Semesters werde ich den Rest schreiben und die Dissertation abgeben.

Literatur

[1] D. Alberts. Average case analysis of an algorithm for dynamic maximum cardinality matching. manuscript, 1994.

[2] D. Alberts. Implementation of the dynamic connectivity algorithm by Monika Rauch Henzinger and Valerie King. TR B 95-10, Freie Universität Berlin, Inst. f. Informatik, 1995.

[3] D. Alberts, G. Cattaneo, and G. F. Italiano. An Empirical Study of Dynamic Graph Algorithms. submitted.

[4] D. Alberts and M. Rauch Henzinger. Average case analysis of dynamic graph algorithms. In *Proc. 6th Symp. on Discrete Algorithms*, pages 312 – 321, 1995.

[5] D. Alberts and M. Rauch Henzinger. Average case analysis of dynamic graph algorithms. TR B 95-03, Freie Universität Berlin, Inst. f. Informatik, 1995.

[6] M. Rauch Henzinger and V. King. Randomized dynamic graph algorithms with polylogarithmic time per operation. In *Proc. 27th Symp. on Theory of Computing*, pages 519 – 527, 1995.

[7] K. Mehlhorn and S. Näher. Leda, a library of efficient data types and algorithms. Technical Report TR A 04/89, Universität des Saarlandes, FB 10, 1989.

Stephan Brandt

Name:	Stephan Brandt
Betreuer:	Prof. Dr. Martin Aigner
Arbeitsbereich:	Graphentheorie
Thema:	Extremale Graphentheorie
Postdoktorand	im Graduiertenkolleg seit Oktober 1994

Arbeitsgebiet

In der extremalen Graphentheorie sucht man nach Bedingungen an Graphen, die die Existenz gewisser Teilgraphen gewährleisten. Der Schwerpunkt meines derzeitigen Interesses liegt bei Eigenschaften dichter dreiecksfreier Graphen sowie Extremaleigenschaften unter Expansionsbedingungen. Auf letzterem Gebiet arbeitet auch eine Diplomandin.

Ergebnisse

Meine Arbeit im abgelaufenem Semester war bestimmt von Untersuchungen im Zusammenhang mit folgenden beiden Vermutungen:

Vermutung 1 (Erdős, Faudree, Rousseau und Schelp [?])
Jeder dreiecksfreie Graph der Ordnung n besitzt eine Teilmenge von $\lfloor \alpha n \rfloor$ Ecken, die höchstens βn^2 Kanten aufspannen, wobei

$$\beta = \begin{cases} (2\alpha - 1)/4 & \textit{falls} \quad 17/30 \leq \alpha \leq 1, \\ (5\alpha - 2)/25 & \textit{falls} \quad 53/120 \leq \alpha < 17/30. \end{cases}$$

Vermutung 2 (Erdős)
Jeder dreiecksfreie Graph kann durch Löschen von $n^2/25$ geeigneten Kanten bipartit gemacht werden.

Der Spezialfall $\alpha = 1/2$ in Vermutung 1 entspricht einer älteren Vermutung von Erdős (s. [?])). Kürzlich gelang Krivelevich [?], als Verschärfung eines Ergebnisses aus [?], der Nachweis von Vermutung 1 für $\alpha \geq 0.6$. Ich konnte sie für $0.442 \simeq 53/120 \leq \alpha < 0.474$ widerlegen, durch Abschätzung der lokalen Dichte von lexikographischen Produkten des Higman-Sims Graphen mit $\overline{K}_r$ mittels der (wohlbekannten) Eigenwerte des Higman-Sims Graphen.

Der Cayley-Graph über $\mathbf{Z}_{41}$ bzgl. des Erzeugendensystems $\{\pm1, \pm4, \pm10, \pm16, \pm18\}$ widerlegt die Vermutung sogar bis $\alpha < 2062/4305 \simeq 0.479$ (unter Annahme der Korrektheit meines nicht verifizierten Computerprogramms). Allerdings bleibt der Fall $\alpha = 1/2$ von Vermutung 1 offen, der von besonderem Interesse ist.

Basierend auf einer Beobachtung von Krivelevich [?] läßt sich nämlich leicht zeigen, daß – eingeschränkt auf reguläre Graphen – die Richtigkeit von Vermutung 1 für $\alpha = 1/2$ Vermutung 2 impliziert. Da meine Untersuchungen anzudeuten scheinen, daß der Nachweis von Vermutung 1 für $\alpha = 1/2$ nach gegenwärtigem Kenntnisstand hoffnungslos ist (während ein Gegenbeispiel evtl. leicht anzugeben wäre), könnte meine folgende Vermutung, die eine notwendige Bedingung für Vermutung 2 (und damit auch für Vermutung 1 bei $\alpha = 1/2$) ist, von Interesse sein:

Vermutung 3 *Seien $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \ldots \geq \lambda_n$ die Eigenwerte eines regulären dreiecksfreien Graphen der Ordnung n. Dann ist*

$$(\lambda_1 + \lambda_n)/n \leq 4/25.$$

Es läßt sich leicht zeigen, daß das Supremum von $(\lambda_1 + \lambda_n)/n$ über alle regulären dreiecksfreien Graphen zwischen 0.14 und $3 - 2\sqrt{2} \simeq 0.1715$ liegt, was eine recht gute Annäherung an den Wert 0.16 aus Vermutung 3 darstellt.

Die Ergebnisse wurden im Berichtszeitraum in [?] zusammengefaßt und eingereicht. Es erschienen [?] und [?], und [?] wurde angenommen.

Im kommenden Semester möchte ich mich verstärkt mit dem Thema 'Extremaleigenschaften unter Expansionsbedingungen' befassen, da ich im November zu einer Spezialtagung über die in diesen Bereich fallende '2-tough Vermutung' an der Universität Twente, NL, eingeladen bin.

Aktivitäten

Organisation und Leitung des Diplomanden- und Doktorandenseminars zur Graphentheorie und Kombinatorik (FU).

Tagungen

- 4th Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization (7. – 9. Juni, Universität Twente, NL). Vortrag: Extremal results for cycles of specified lengths.
- 15th British Combinatorial Conference (3. – 7. Juli, University of Stirling, GB). Vortrag: An extremal result for subgraphs with few edges.

Sonstige Vorträge

- Die lokale Dichte von Graphen mittels Eigenwerten, Diplomanden- und Doktorandenseminar Graphentheorie/Kombinatorik (FU).
- —, Workshop über Graphentheorie (TU).
- —, Forschungsseminar zur algorithmischen Graphentheorie (HU).

Gutachten

- Artikel für Discrete Mathematics

Literatur

[1] S. Brandt, Embedding graphs without short cycles in their complements, in: Graph Theory, Combinatorics, and Applications, Vol. 1 (Proc. 7th Conf. Theory and Appl. of Graphs, Kalamazoo 1992, Hrsg.: Y. Alavi, A. Schwenk), Wiley 1995, pp. 115–121.

[2] S. Brandt, An extremal result for subgraphs with few edges, J. Comb. Theory Ser. B **64** (1995), 288–299.

[3] S. Brandt, The local density of triangle-free graphs, Preprintreihe Mathematik, FU Berlin, Nr. A 95–14, 1995.

[4] P. Erdős, Problems and results in graph theory and combinatorial analysis, in: Proceedings 5th Brit. Comb. Conf. (Aberdeen, 1975), Utilitas Math., Winnipeg, pp. 169–192.

[5] P. Erdős, R. J. Faudree, C. C. Rousseau and R. H. Schelp, A local density condition for triangles, *Discr. Math.* **127** (1994), 153–161.

[6] G. R. T. Hendry und S. Brandt, An extremal problem for cycles in hamiltonian graphs, erscheint in Graphs & Combinatorics.

[7] M. Krivelevich, On the edge distribution in triangle-free graphs, *J. Comb. Theory Ser. B* **63** (1995), 245–260.

Lutz Kettner

Name:	Lutz Kettner
Betreuer:	Prof. Dr. Emo Welzl
Arbeitsbereich:	Algorithmische Geometrie
Thema:	3D-Interaktionstechniken
Stipendiat	im Graduiertenkolleg seit Oktober 1994

Darstellung des Promotionsthemas

Dieses Semester habe ich mich auf den Aspekt der schnellen Darstellung von dreidimensionalen Objekten konzentriert. Dabei verfolgen wir in der Arbeitsgruppe mit dem Projekt CEBAP einen neuen Ansatz für das *hidden surface removal* Problem. Das Akronym CEBAP heißt in ganzer Länge: **C**ontour-**E**dge-**Ba**sed-**P**olyhedron-Visualization. Der neue Ansatz stützt sich auf die Definition der Konturkanten, das sind Kanten eines Polyhedrons, die zwischen einer dem Betrachter zugewandten und einer abgewandten Facette liegen. Konturkanten sind abhängig von der Blickrichtung definiert. Werden alle Kanten in die Bildebene projeziert, kann man beobachten, daß die Sichtbarkeit eines Objektes sich nur an Konturkanten ändern kann.

Das gesamte Verfahren darf eine von der Blickrichtung unabhängige Vorverarbeitung der dreidimensionalen Szene vornehmen, um anschließend schnell Anfragen mit einer Blickrichtung beantworten zu können. Am Beispiel der CD-ROM würde die Datenbasis schon vorverarbeitet geliefert werden. Die Vorverarbeitung darf also Zeit in Anspruch nehmen. Mit dem Speicherplatz wollen wir nicht so generös umgehen, da die graphischen Daten auch ohne Vorverarbeitung den Hauptspeicher schon auslasten können.

Für eine gegebene Blickrichtung werden zuerst die Konturkanten extrahiert, diese anschließend projeziert und die Sichtbarkeiten berechnet. Vier Vorteile erwarten wir von dem Verfahren:

1. Die Anzahl der Konturkanten ist kleiner als die Anzahl aller Kanten. Für wohlgeformte Objekte erwarten wir sogar sublineares Wachstum in der Anzahl der Kanten. Die Sichtbarkeitsberechnung hat mit erheblich weniger Kanten zu arbeiten.

2. Das Verfahren ist von der Konstruktion her für schnelle dreidimensionale Interaktion angelegt.

3. Die Sichtbarkeitsberechnung arbeitet im Bildraum, aber nicht notwendigerweise in dessen Auflösung, wie dies typische Z-Buffer Algorithmen tun. Die Bildauflösung geht nicht in die Komplexität ein. Das macht das Verfahren geeignet für vektororientierte und hochauflösende Ausgabegeräte, wie Plotter und Laserdrucker.

4. Gouraud- und Phong-Shading ermöglichen die geglättete Darstellung von relativ grob modellierten Objekten. Dieses scheitert allerdings am Rand der Objekte, also genau an den Konturkanten. Das Verfahren bietet hier interessante Entwicklungsmöglichkeiten, die Modellierung innerhalb der fein aufgelösten Regionen wieder zu vergröbern, ohne die Darstellungsqualität zu reduzieren.

Bezug zu anderen Arbeiten

In [**?**, **?**] wird schon von Konturkanten gesprochen und die Sichtbarkeit mit Hilfe von einem Line-Sweep durch die projezierten Kanten berechnet. Es fehlt aber noch, daß nur die Konturkanten verwendet werden. Stattdessen werden alle Kanten projeziert und darüber die Sichtbarkeit berechnet. Es findet also keine Aufwandsreduktion statt.

Extraktion der Konturkanten

Der Normalenvektor einer Facette kennzeichnet einen Punkt auf der Einheitskugel. Eine Kante zwischen zwei Facetten kann jetzt als Großkreisbogen zwischen den beiden Punkten dargestellt werden. Der Blickrichtungsvektor induziert eine zu ihm orthogonale Ebene durch den Ursprung, die die Einheitskugel in einem Großkreis schneidet. Nun ist eine Kante genau dann eine Konturkante, wenn ihr Großkreisbogen von dem Großkreis der Blickrichtung geschnitten wird. Es handelt sich also um ein zweidimensionales Line-Segment-Stabbing Problem bei geeigneter Projektion der Kugel in die Ebene.

Für n Segmente ist ein optimale Lösung mit $\log n$ Anfragezeit und n^2 Vorverarbeitungszeit und Speicher bekannt, was aber zuviel Speicherplatz bedeutet. Eine Lösung mit linearem Vorverarbeitungsplatz benutzt *Conjugation-Trees* [**?**], um alle Kandidaten links der Anfragekante in $O(n^{0,695})$ Zeit und zusätzlichen Platz zu extrahieren, so daß ein zweiter Algorithmus alle Segmente extrahieren kann, die ihren zweiten Punkt rechts von der Anfragegerade haben, also aufgespießt werden. Bemerkenswert ist, daß die Extraktion der Konturkanten in sublinearer Zeit geht, wenn es auch nur sublinear viele Konturkanten gibt.

Als zweiten Ansatz verwenden wir eine Dreieckszerlegung der Kugel in $O(n)$ (fast) gleiche Dreiecke, in die die Großkreisbögen einsortiert werden. Für die Anfragerichtung müssen jetzt nur $O(\sqrt{n})$ Dreiecke traversiert und ihr Inhalt getestet werden.

Sichtbarkeitsberechnung

Die Sichtbarkeitsberechnung erfolgt mit einem Line-Sweep, der alle Schnittpunkte der projezierten Konturkanten berechnet. An dem Schnitt zweier Konturkanten kann die Sichtbarkeitsänderung direkt berechnet werden, ebenfalls an einem gemeinsamen Vertex. Schwierig wird es, wenn disjunkte Zusammenhangskomponenten ineinander geschachtelt sind. Man weiß dann nicht, ob eine neu beginnende Fläche überhalb oder unterhalb einer anderen Fläche ist. Ebenfalls schwierig sind Löcher, genauer, auf welche Fläche man innerhalb des Lochs schaut. Die Vorgängerarbeiten hatten diese Probleme nicht, da sie alle Kanten mitgeführt hatten und so jederzeit wußten, über welcher Facette sie sind. Uns fehlt die Information der Facetten innerhalb der Konturkanten und damit der schnelle Test gegen die jeweiligen Facetten. Einen Teil haben wir schon lösen können, andere Fragen sind noch offen.

Ergebnisse

Um unsere Erwartungen zu überprüfen, wird das Verfahren im Moment implementiert. Erste praktische Ergebnisse sind schon bekannt:

1. Die bisherigen Objekte, die uns für Tests zur Verfügung stehen, scheinen das sublineare Wachstum der Konturkanten mit der Objektgröße zu bestätigen. Für typische Objekte mit 3000 Kanten sind Werte von 150 bis 300 Konturkanten aufgetreten.

2. Die Konturkantenextraktion ist selbst mit dem trivialen Algorithmus auf Sun SparcStations schon echtzeitfähig für schnelle dreidimensionale Interaktion. Dagegen haben es die theoretisch besseren Verfahren mit den Konstanten in der Laufzeit erstmal schwer. Das zweite Verfahren mit der Kugeltriangulierung schlägt das triviale Verfahren im Moment geringfügig bei Objektgrößen um 3000 Kanten. Das erste Verfahren haben wir noch nicht implementiert.

   Der Line-Sweep ist im Vergleich noch ein Engpaß. 300 Konturkanten und entsprechend wenige Schnittpunkte schafft er noch in angemessener Zeit, viel mehr darf es nicht werden.

CGAL Kernel

Im Rahmen von CEBAP haben wir einmal mehr grundlegende geometrische Objekte implementiert. Im Rahmen des CGAL Projektes soll genau hierfür eine Bibliothek entwickelt werden. Die Verflechtungen mit der Implementierung zu CEBAP und meine Vorkenntnisse aus dem Bereich Software-Engineering haben mich für Entwicklung des Kernels der CGAL Bibliothek interessieren lassen, an der ich parallel mitarbeite.

Ausblick

Wie erwähnt, stehen noch eine Reihe offener Probleme und Optimierungen an, bis der erste Prototyp zufriedenstellend laufen wird. Entwicklungsmöglichkeiten liegen in der adaptiven Vergröberung der Regionen innerhalb der Konturkanten. Weitere Möglichkeiten sehe ich in der Ausnutzung zeitlicher Kohärenz für die Konturkantenextraktion und die Sichtbarkeitsberechnung sowie die Ausnutzung der Datenstruktur für schnelle Selektionsanfragen.

Aktivitäten im Sommersemester 1995

- ALCOM II Abschluß Workshop, INRIA, Sophia Antipolis, Frankreich, 15.–16. Juni 1995.
- CGAL Kernel Meeting, MPI, Saarbrücken, 10.–11. Juli 1995.
- Seminar: *Computer-Graphik*. E. Welzl, B. Gärtner.
- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs.
- Gutachter für ESA'95.
- Vortrag im Mittagsseminar über Softwareengineering am Beispiel von CGAL.

Veröffentlichung

- *A Classification Scheme of 3D Interaction Techniques*, Preprint No. B 95–05, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, 1995, submitted.

Literatur

[1] D. P. Dobkin and H. Edelsbrunner. Space searching for intersecting objects. In *Proc. 25th Annu. IEEE Sympos. Found. Comput. Sci.*, pages 387–392, 1984.

[2] Jr. Griffith Hamlin and C. William Gear. Raster-scan hidden surface algorithm techniques. In *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '77)*, volume 11, pages 206–213, 1977.

[3] Carlo H. Séquin and Paul R. Wensley. Visible feature return at object resolution. *IEEE Computer Graphics and Application, pp 37-50, May 1985*, 1985.

Petra Knieper

Name:	Petra Knieper
Betreuer:	Prof. Dr. Hans Jürgen Prömel
Arbeitsbereich:	Algorithmische Graphentheorie
Thema:	Parallele Algorithmen und Derandomisierung
Stipendiatin im	Graduiertenkolleg seit Mai 1995

Darstellung des Promotionsthemas

In den Untersuchungen zur Dissertation wird beabsichtigt, *parallele* randomisierte und derandomisierte Algorithmen für Probleme zu entwerfen, für die sequentielle Algorithmen bereits bekannt sind. Es soll zunächst studiert werden, ob parallele Algorithmen zur Berechnung von ϵ-Approximationen in Mengensystemen mit beschränkter dualer Shatterfunktion und zur Berechnung von Matchings in Hypergraphen angegeben werden können.
Die Standardmethoden für den Entwurf paralleler randomisierter Algorithmen sind der Weg über k-weise Unabhängigkeit [?] bzw. fast k-weise Unabhängigkeit [?]. Es ist bisher aber ein offenes Problem, ob und wie diese Methoden auf die oben genannten Probleme angewendet werden können.

Begonnen habe ich die Arbeit im Graduiertenkolleg mit der Fortsetzung der Untersuchungen aus meiner Diplomarbeit. Das Finden einer 2-Färbung eines Mengensystems mit kleiner Färbungsdiskrepanz ist ein grundlegendes kombinatorisches Problem mit weitreichenden Anwendungen. Für dieses Problem sind sequentielle Algorithmen sowohl für allgemeine Mengensysteme als auch für den Fall beschränkter VC-Dimension bekannt [?].
In der Diplomarbeit konnte unter Ausnutzung des Zusammenhangs von Diskrepanzen und ϵ-Approximationen ein paralleler Algorithmus zur Berechnung von ϵ-Approximationen für beliebige Mengensysteme sowie für Mengensysteme mit beschränkter primaler Shatterfunktion angegeben werden. Ich versuche nun, den sequentiellen Algorithmus von Matoušek, Welzl und Wernisch [?] für Mengensysteme mit beschränkter dualer Shatterfunktion zu parallelisieren. Dazu soll untersucht werden, ob sich die divide-and-conquer Methode hier anwenden läßt (gemeinsame Arbeit mit A. Srivastav).

Das Problem, ein maximales Matching (oder Packung) in Hypergraphen zu finden, ist NP-schwer. Pippenger und Spencer [?] haben gezeigt, daß für einen $(k+1)$ - regulären Hypergraphen mit Knotenmenge V der Kardinalität n ein Matching P existiert mit

$$|P| \geq \frac{n}{k+1}(1-o(1)). \tag{1}$$

Vor kurzem konnte D.A. Grable [?] mit Hilfe von k-weiser Unabhängigkeit einen parallelen derandomisierten Algorithmus zum Konstruieren eines solchen fast-perfekten Matchings in einem fast-regulären uniformen Hypergraphen angeben.
Interessant und offen ist, ob man das Resultat (**??**) verbessern und gegebenenfalls einen parallelen Algorithmus dafür angeben kann. Nach der gegenwärtigen Einarbeitung in die Literatur ist zu diesem Problem eine Zusammenarbeit mit D.A. Grable sowie Austausch mit J. Spencer geplant.

Aktivitäten

- Besuch von Vorlesung und Kolloqium des Graduiertenkollegs
- Besuch des Forschungsseminars Algorithmen und Komplexität
- Teilnahme am Berliner Algorithmentag am 9. Juni 1995

Literatur

[BeR91] B. Berger, J. Rompel; *Simulating* $(\log^c n)$*-wise independence in NC.* Journal of ACM, Vol. 38, No. 4, October 91, 1026 - 1046.

[Gr95] D.A. Grable; *Nearly-Perfect Hypergraph Packing is in NC.* Preprint, June 1995.

[MWW91] J. Matoušek, E. Welzl, L. Wernisch; *Discrepancy and* ϵ*-approximations for bounded* VC*-dimension.* Proc. 32nd Annual IEEE Symp. on Foundation of Computer Science (1991), 424 - 430.

[NN93] J. Naor, M. Naor; *Small-bias probability spaces: Efficient constructions and applications.* SIAM J. COMPUT. Vol. 22, No. 4, pp. 838-856, August 1993, 838 - 856.

[PS89] N. Pippenger, J. Spencer; *Asymptotic Behavior of the Chromatic Index for Hypergraphs.* J. Comb. Th. - Ser A 51 (1989), 24-42.

Ewa Malesińska

Name:	Ewa Malesińska
Betreuer:	Prof. Dr. Rolf H. Möhring
Arbeitsbereich:	Algorithmische Graphentheorie
Thema:	Kombinatorische Probleme bei der Mobilfunknetzplanung
Stipendiatin:	im Graduiertenkolleg seit Mai 1994

Darstellung des Promotionsthemas

Zu den wichtigsten kombinatorischen Problemen bei der Mobilfunknetzplanung gehört das Frequenzzuweisungsproblem: die verfügbaren Frequenzen sind den Sendern so zuzuweisen, daß möglichst viele Gespräche unterstützt werden und gleichzeitig Störungen im Netz auf einem akzeptablen Niveau bleiben. Dieses Problem wird als eine Verallgemeinerung der Graphenfärbung betrachtet (s. [**?**]). Interessanterweise hat man in der Praxis beobachtet, daß die chromatische Zahl der Graphen mit denen das Netz modelliert wird, entweder gleich oder annähernd gleich der maximalen Kardinalität einer Clique ist. Diese Graphen sind allerdings nicht perfekt.

Dies motiviert das erste Ziel meiner Promotion, nämlich eine Untersuchung der strukturellen und algorithmischen Eigenschaften von Schnittgraphen von verschiedenen Figuren auf der Ebene. Von besonderem Interesse sind hier *Unit Disk Graphen*, deren Verallgemeinerung *Double Disk Graphen* [**?**], sowie Schnittgraphen von konvexen Polygonen. Für diese Graphenklassen wird die Existenz und die Größenordnung der *chromatic-binding function* f_χ, die den Zusammenhang zwischen der Cliquenzahl und der chromatischen Zahl beschreibt (s. [**?**]), untersucht. Wichtig ist auch die Frage nach den Möglichkeiten der approximativen Färbung von Schnittgraphen sowie eine Analyse der Komplexität der Cliquenzahlberechnung.

Ein anderer Schwerpunkt meiner Arbeit sind effiziente Frequenzzuweisungsverfahren. Mein Interesse gilt insbesondere Mobilfunknetzen, in denen einige Sender Frequenzen dynamisch wählen können, während dem Rest die Frequenzen fest zugewiesen werden müssen. Ferner bleibt die Untersuchung der

Effizienz von dynamischen Frequenzzuweisungsmethoden (*Dynamic Channel Allocation* -DCA, s. z.B. [?]) noch weitgehend offen.

Ergebnisse

In vorigen Semestern habe ich einige Ergebnisse über die *chromatic-binding function* f_χ von Teilmengen der Graphen mit *boxicity* 2, von *Unit Disk Graphen* und *Double Disk Graphen* sowie von Schnittgraphen von konvexen Polygonen mit beschränkter Eckenanzahl, erzielt. Beispielsweise konnte ich zeigen, daß dreiecksfreie *Unit Disk Graphen* dreifärbbar sind und daß für *Double Disk Graphen* $\chi(G) \leq 33(\omega - 1) + 1$. Darüberhinaus habe ich die Zeitkomplexität des Algorithmus aus [?] zur Bestimmung der maximalen Cliquengröße $\omega(G)$ in *Unit Disk Graphen* auf $O(n\omega^3)$ reduziert und die Größe der Separatoren in diesen Graphen untersucht.

Im letzten Semester habe ich an einem Frequenzzuweisungsproblem in Mobilfunknetzen, die sowohl feste als auch dynamische Sender haben, gearbeitet. In solchen Netzen müssen den festen Sendern Frequenzen so zugewiesen werden, daß für die Frequenzauswahl durch die dynamische Sender ausreichend Spielraum bleibt. Um dies zu erreichen habe ich zwei Optimalitätskriterien für den Frequenzplan im festen Netzteil definiert. So sollte der Frequenzplan eine zukünftige Zuordnung von möglichst vielen Funkkanälen zu den dynamischen Sendern ermöglichen. Da die Optimalitätskriterien eine Verallgemeinerung der List-Färbung und T-Färbung bilden, ist deren exakte Auswertung nur dann in polynomieller Zeit möglich, wenn der Graph, der den dynamischen Netzteil modelliert, spezielle Eigenschaften hat. Für die Graphen mit beschränkter Baumweite konnte der Algorithmus aus [?] für die Berechnung der Kriterien verallgemeinert werden. Für vollständige und fast vollständige Graphen läßt sich eines der beiden Kriterien schnell berechnen, voraußgesetzt, daß nicht alle in der Praxis auftretende Einschränkungen gleichzeitig berücksichtigt werden. Entweder muß die Anforderung, daß einem Sender keine nacheinanderfolgende Frequenzen zugewiesen werden dürfen, weggelassen werden, oder man muß auf die Listen von zugelassenen Frequenzen für jeden Sender verzichten. Wenn beide Bedingungen gleichzeitig beachtet werden, wird die Auswertung des Kriteriums NP-vollständig.

Basierend auf den Ergebnissen für vollständige Graphen habe ich für allgemeine Graphen einen Algorithmus entwickelt, der gute obere Schranken liefert. Untere Schranken werden durch ein heuristisches Verfahren geliefert, welches auf der Frequenzzuweisungsmethode aus [?] aufbaut.

Vorhaben

Die theoretischen Ergebnisse über die Auswertung der Frequenzpläne für feste Sendern werden jetzt für zufällig erzeugte und für reelle Netze getestet. Dabei möchte ich versuchen die heuristischen Algorithmen zur Berechnung der maximalen Anzahl von gleichzeitig zugewiesenen Frequenzen so weiterzuentwickeln, daß die Unterschiede zwischen oberen und unteren Schranken möglichst gering werden. Darüberhinaus möchte ich untersuchen, ob diese Schranken zu einer schnelleren, exakten Kriterienberechnung beitragen können.

Danach werde ich mich wieder den Schnittgraphen zuwenden. Insbesondere möchte ich die Komplexität der Cliquenzahlberechnung und die Existenz einer *chromatic binding function* für die Schnittgraphen von Geradensegmenten auf der Ebene untersuchen.

Aktivitäten

- Teilnahme an dem „Workshop on Graph Algorithms and Scheduling“ zwischen TU Eindhoven und TU Berlin, Berlin, 20.04 - 21.04.1995; Vortrag über „List coloring and optimization criteria in a channel assignment problem“.

- Teilnahme an dem „4th Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization“, Enschede, 07.06 - 09.06.1995; Vortrag über „The mixed channel assignment problem“.

- Aufenthalt an der Universität Mainz auf Einladung von Albert Gräf, mit einem Vortrag über „Frequenzzuweisung in Funknetzen mit dynamischen und festen Sendern“(17.07 - 20.07.1995).

- Veröffentlichungen: E. Malesińska, „List Coloring and Otimization Criteria for a Channel Assignment Problem“, Preprint No. 458/1995, Fachbereich Mathematik, TU Berlin; erscheint in *Proceedings 1st ACM Int. Conf. on Mobile Computing and Networking 1995.*

- Gutachten für *WG'95.*

- Besuch der Vorlesung und des Seminars des Graduiertenkollegs.

Literatur

[CCJ'90] B. Clark, Ch. Colbourn, D. Johnson. Unit disk graphs. *Discrete Math. 86* (1990), 165-177.

[DV'93] D. Dimitrijević, J. Vučetić. Design and Performance Analysis of the Algorithms for Channel Allocation in Cellular Networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 42* (1993), 526-534.

[GSW'94] A. Gräf, M. Stumpf, G. Weißenfels. On coloring unit disk graphs. Johannes Gutenberg-Universität Mainz (1994).

[Gy'87] A. Gyárfás. Problems from the world surrounding perfect graphs. *Zastosowania Matematyki XIX* (1987), 413-441.

[JS'92] K. Jansen, P. Scheffler. Generalized coloring for tree-like graphs. *Proceedings of the WG'92*, Lect. Notes Comput. Sci. 657 (1993), 50-59.

[Pl'94] J. Plehn. Applied frequency assignment. *IEEE 44th Vehicular Technology Conference* (1994), 853-857.

Peter Niemeyer

Name:	Peter Niemeyer
Betreuer:	Prof. Dr. H. A. Jung
Arbeitsbereich:	Graphentheorie
Thema:	Spezielle Automorphismen unendlicher Graphen
Stipendiat	im Graduiertenkolleg seit Oktober 1993

Darstellung des Promotionsthemas

Viele Eigenschaften unendlicher Graphen lassen sich über die Endenstruktur des Graphen beschreiben. *Enden* sind Äquivalenzklassen von einseitig unendlichen Wegen, wobei zwei solche Wege äquivalent sind, wenn der Graph unendlich viele endliche, disjunkte Verbindungswege zwischen ihnen enthält. Unendliche, transitive Graphen haben ein, zwei oder aber überabzählbar viele Enden. Während über die Struktur der zwei-endigen Graphen im wesentlichen alles und über die der Graphen mit unendlich vielen Enden schon sehr viel bekannt ist, versteht man die Struktur ein-endiger, transitiver Graphen noch kaum. Die Enden-Relation erweist sich in diesem Falle als zu 'grob'.

Vor diesem Hintergrund habe ich gemeinsam mit Prof. Jung Verfeinerungen der Enden-Relation untersucht [?]. Als sehr fruchtbar erwies sich hierbei der folgende Ansatz: Zwei einseitig unendliche Wege heißen *d-äquivalent*, falls ihr Hausdorff-Abstand endlich ist. Die Klassen dieser Äquivalenzrelation heißen *d-Fasern*. In lokalfiniten Graphen (Graphen, in denen jede Ecke von endlichem Grad ist) zerfällt jedes Ende, das keine d-Faser ist, in überabzählbar viele d-Fasern.

Mein Ziel ist es nun, verschiedene Eigenschaften ein-endiger Graphen über deren d-Faser-Struktur zu beschreiben.

Ergebnisse

Gemeinsam mit Prof. M. E. Watkins habe ich in den vergangenen Monaten untersucht wieviele geodätische d-Fasern lokalfinite, einendige Graphen enthalten. (Eine d-Faser ist *geodätisch* wenn sie mindestens einen geodätischen Weg enthält). Es stellte sich heraus, daß es zu jeder Kardinalzahl k mit $1 \leq k \leq 2^{\kappa_0}$ einen solchen Graphen gibt, der genau k geodätische d-Fasern enthält. Fuer $k \neq \kappa_0$ konnten wir sogar transitive Graphen mit genau $2k$ geodätischen d-Fasern konstruieren.

Für verschiedenen Graphenklassen konnten wir die Struktur vollständig beschreiben. Ist X zum Beispiel ein Graph mit Minimalgrad δ auf dessen Eckenmenge eine frei-abelsche Gruppe mit $K < \infty$ Orbits operiert, so hat X entweder höchstens $K\delta^K$ geodätische d-Fasern oder aber überabzählbar viele. Darüber hinaus enthalten alle geodätischen Fasern (bis auf höchstens $K\delta^K$ viele Ausnahmen) überabzählbar viele geodätische Wege. Dieses Resultat enthält als Spezialfall ein früheres Ergebnis von Polat und Watkins [?].

Ganz anders verhalten sich planare Graphen ohne "kleineLänder. Ist X ein 3-zusammenhängender, planarer, fast transitiver Graph mit Minimalgrad 4 in dem alle Länder mindestens 6 Nachbarn haben, so enthält X überabzählbar viele geodätische Fasern die jeweils im wesentlichen nur einen einzigen geodätischen Weg enthalten. Dieses Ergebnis steht in engem Zusammenhang mit einer Vermutung von Bonnington et al. [?], daß nämlich jede Kante eines einendigen, 3-zusammenhängenden, planaren, transitiven Graphen auf einem zweiseitig unendlichen Weg liegt. Partielle Lösungen gibt es von Thomassen im Falle 3-regulärer Graphen (unveröffentlicht) und von Bonnington et al. im

Falle bipartiter Graphen [?]. Mit dem oben genannten Ergebnis konnten wir die Vermutung im Falle 3-zusammenhängender, planarer, fast transitiver Graphen ohne Ecken und Länder von kleinem Grad beweisen.

Ziele

Das kommende Semester möchte ich dazu nutzen meine Dissertation aufzuschreiben, einzureichen und zu verteidigen.

Aktivitäten

- Aufenthalt an der Syracuse University in Syracuse (New York) als Gast von Prof. M. E. Watkins (15.5.-20.8.95)
- Vortrag im Rahmen des Kolloquiums des Fachbereiches Mathematik der Syracuse University zum Thema *Decomposing ends of infinite graphs* (6.6.95).

Literatur

[1] C.P. Bonnington, W. Imrich, N. Seifter, Geodesics in transitive graphs, *J. Combin.Therory, Ser. B, to appear*

[2] H.A. Jung and P. Niemeyer, Decomposing Ends of Locally Finite Graphs, *Math. Nachr., to appear*

[3] P. Niemeyer, On bounded automorphisms of locally finite transitive graphs, *J. Graph Theory, to appear*

[4] P. Niemeyer, On translations of infinite graphs, Technical Report 427/1995, Technische Universität Berlin, (1995)

[5] N. Polat and M.E. Watkins, On translations of double rays in graphs, *Periodica Math. Hung.*__30__ *(1995) 145-154*

Andreas Parra

Name:	Andreas Parra
Betreuer:	Prof. Dr. Rolf H. Möhring
Arbeitsbereich:	Algorithmische Graphentheorie und Ordnungstheorie
Thema:	Bestimmung von Graphenparametern
Stipendiat	im Graduiertenkolleg seit Oktober 1993

Darstellung des Promotionsthemas

Graphenparameter wie die Baumweite, Pfadweite, Bandbreite, Chordal Completion Number oder der Rang haben trotz ihrer unterschiedlichen Definitionen und Herkünfte einige Gemeinsamkeiten: Erstens, sie besitzen eine Vielzahl von Anwendungen, z.B. im VLSI-Layout oder bei der Rekonstruktion der Anordnung von DNA-Molekülen. Zweitens ist das Problem ihrer algorithmischen Bestimmbarkeit $\mathcal{NP}$-hart. Und drittens lassen sich die entsprechenden Optimierungsprobleme äquivalent auffassen als Graphen-Einbettungsprobleme in Teilklassen von *chordalen Graphen* (d.h. von Graphen, in denen jeder Kreis mit mehr als drei Ecken eine Sehne hat). Als Quelle für Literaturangaben seien [?, ?, ?] genannt.

Die zuletzt erwähnte Gemeinsamkeit ist für meine Arbeit von zentraler Bedeutung: Sie dient als Ausgangspunkt, um, eingeschränkt auf verschiedene Graphenklassen, $\mathcal{NP}$-Vollständigkeitsresultate oder effiziente Algorithmen für die Bestimmung der verschiedene Graphenparameter entwickeln und Aussagen über ihre Relationen untereinander gewinnen zu können. Als entscheidendes Hilfsmittel wird dazu eine Charakterisierung aller $\subseteq$-minimalen Einbettungen in chordale Graphen (kurz: *minimale Triangulierungen*) benutzt, die auf Eigenschaften von minimalen Separatoren basiert [?].

Ergebnisse

Anknüpfend an die Resultate in [?] habe ich zusammen mit Petra Scheffler gezeigt, daß der Rang eines Graphen G zusammenfällt mit der minimalen Clique-Zahl aller Triangulierungen von G in trivial perfekte Graphen. Die Klasse von Graphen, für die jede minimale Triangulierung ein trivial perfekter Graph ist, konnten als Cographen identifiziert werden.

Welchen Einfluß hat die Eigenschaft einer Klasse von Graphen, bestimmte Minoren nicht zu enthalten, auf Graphenparameter wie die Baumweite? Fragen dieser Art hängen unmittelbar mit der Einführung der Baumweite zusammen, denn eines der tiefliegenden Resultate von Robertson und Seymour besagt, daß eine Klasse von Graphen $\mathcal{G}$ genau dann beschränkte Baumweite hat, wenn es einen planaren Graphen H gibt, der kein Minor eines Graphen aus $\mathcal{G}$ ist. Für den Fall, daß H der vollständige bipartite Graph $K_{2,r}$ ist, konnte kürzlich in [?] die Schranke $2r-2$ für die Baumweite von Graphen aus $\mathcal{G}$ bewiesen werden. Diese Schranke konnte mit Hilfe der folgenden allgemeineren Aussage auf $2r-4$ verbessert werden: Ein Graph G enthält den $K_{2,r}$ als Minor oder jede minimale Triangulierung von G hat höchstens die Clique-Zahl $2r-3$.

Ausblick

Das Wintersemester wird hauptsächlich dem Verfassen der Dissertation gewidmet. Dabei sollen einige der neueren Resultate zur Veröffentlichung vorbereitet werden.

Aktivitäten

- Teilnahme am Workshop on Graph Algorithms and Scheduling an der TU Berlin, 20./21. April.
- Teilnahme am 4th Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization, Enschede, 7.-9. Juni.
  Vortrag: Triangulating Tolerance Graphs.
- Teilnahme an der ICALP'95, Szeged, Ungarn, 10.-14. Juli.
- Forschungsaufenthalt am LIRM in Montpellier als Gast von Christophe Paul und Prof. Michel Habib, 24. April - 5. Mai.
  Vortrag: Minimal Separators and Minimal Triangulations.
- Betreuung eines Diplomanden.
- Gutachtertätigkeit für IPL, TCS, WG'95.

Literatur

[1] H.L. Bodlaender. A tourist guide through treewidth. *Acta Cybernetica*, 11:1–23, 1993.

[2] H.L. Bodlaender, J.S. Deogun, K. Jansen, T. Kloks, D. Kratsch, H. Müller, and Zs. Tuza. Rankings of graphs. In E. Mayr, G. Schmidt, and G. Tinhofer, editors, *Proceedings 20th International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG'94)*, pages 292–304. Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science, vol. 903, 1995.

[3] H.L. Bodlaender, R. Tan, D. Thilikos, and J. van Leeuwen. On interval routing schemes and treewidth. Technical report, 1995. To appear in *Proceedings 21st International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG'95)*.

[4] H. Kaplan, R. Shamir, and R.E. Tarjan. Tractability of parameterized completion problems on chordal and interval graphs: Minimum fill-in and physical mapping. In *Proceedings 35th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS'94)*, pages 780–791, 1994.

[5] T. Kloks, D. Kratsch, and H. Müller. Approximating the bandwidth of asteroidal triple-free graphs. Technical Report Math/95/6, Universität Jena, 1995. To appear in *Proceedings Third Annual European Symposium on Algorithms (ESA'95)*.

[6] P. Scheffler. Node ranking and searching on graphs. In *Proceedings 3rd Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization*, pages 159–162, 1993.

Jörg Rambau

Name:	Jörg Rambau
Betreuer:	Prof. Dr. Günter M. Ziegler
Arbeitsbereich:	Diskrete Geometrie
Thema:	Polytopprojektionen
Stipendiat	im Graduiertenkolleg seit dem 1. April 1994

Darstellung des Promotionsthemas

Einleitung

In der umfangreichen Theorie der konvexen Polytope (siehe zum Beispiel [?] für einen ausführlichen Überblick) sind die Eigenschaften — insbesondere die kombinatorischen — der strukturerhaltenden Abbildungen zwischen Polytopen (Einschränkungen affiner Abbildungen der umgebenden euklidischen Räume) noch nicht ernsthaft studiert worden.

Während meiner Forschungstätigkeit im Graduiertenkolleg möchte ich in diesem Bereich Fortschritte beisteuern unter Berücksichtigung folgender Schwerpunkte:

- Die verallgemeinerte Baues-Vermutung,
- Triangulierungsräume von zyklischen Polytopen,
- Abbildungspolytope.

Im ersten Fall sollen die Untersuchungen einen theoretischen Rahmen für die Analyse von *Räumen von polyedrischen Unterteilungen* — insbesondere Triangulierungen — liefern, wobei das Hauptgewicht auf deren *topologischer Struktur* liegt. Diese Räume sind z. B. in der Numerik und in der Approximationstheorie von enormer Bedeutung, und die topologische Struktur hat i. A. algorithmische Konsequenzen.[1]

Im zweiten Fall soll — kontrastierend zum ersten — die Problematik der Struktur von Unterteilungsräumen von der "gutartigen Seite" her untersucht werden: Triangulierungen sind die einfachsten polyedrischen Unterteilungen, zyklische Polytope sind kombinatorisch verstanden.

Im dritten Fall geht es um elementare Objekte der *Kategorie der Polytope*, deren grundlegende Eigenschaften neue und übersichtliche Beweistechniken in der Polytoptheorie liefern sollen.

Die verallgemeinerte Baues-Vermutung

Jede surjektive affine Projektion von Polytopen $\pi : P \to Q$ induziert eine Menge von Unterteilungen von Q: man nehme einen Teilkomplex $\mathcal{F}$ des Randes von P mit bestimmten Eigenschaften[2], so daß seine Projektion ganz Q über-

[1] Z. B. kann eine nicht zusammenhängende Halbordnung natürlich nicht durch Verzweigung durchsucht werden (vgl. auch Björner [?]).

[2] Genaueres findet man bei Billera, Kapranov und Sturmfels [?].

deckt; diese Projektion definiert eine polyedrische Unterteilung von Q. Man interessiert sich nun für die Menge aller dieser Komplexe $\mathcal{F}$, genannt *lokal-kohärente Bänder*, die solche *induzierten Unterteilungen* definieren.[3] Wenn die Projektionen von je zwei Ecken verschieden sind — d. h. die Projektion ist *nicht-degeneriert* —, so entsprechen die lokal-kohärenten Bänder genau den induzierten Unterteilungen.

Die *lokal-kohärenten Bänder* bilden eine teilgeordnete Menge durch die Halbordnung "$\mathcal{F} \leq \mathcal{F}'$ genau dann, wenn $\bigcup \mathcal{F} \subseteq \bigcup \mathcal{F}'$ ". Für eine nicht-degenerierte Projektion entspricht das der Halbordnung durch *Verfeinerung* in der Menge der induzierten Unterteilungen. Wenn P ein Simplex ist, untersucht man also genau den Raum *aller* Triangulierungen von Q bezüglich *bistellarer Äquivalenz* [?, ?, ?].

In dieser Situation ist folgendes Problem, insbesondere mit den Spezialfällen "P ist ein Simplex" bzw. "P ist ein Hyperwürfel", von Interesse:

Verallgemeinerte Baues-Vermutung
(Billera, Kapranov, Sturmfels (1991)):
Der Homotopietyp der Halbordnung aller lokal-kohärenten Bänder ist der einer Sphäre der Dimension $\dim P - \dim Q - 1$. *Die Inklusion des sphärischen Teilkomplexes aller global kohärenten Bänder* (siehe [?]) *ist eine Homotopieäquivalenz.*

Triangulierungsräume von zyklischen Polytopen

Räume von Triangulierungen von zyklischen Polytopen sind teilweise geordnete Mengen, in denen jede Deckrelation eine *gerichtete bistellare Operation* darstellt (siehe Edelman & Reiner [?]). Außerdem wurde von Kapranov & Voevodsky [?] eine Abbildung von der höheren Bruhat-Ordnung $B(n-2, d-1)$ (siehe Manin & Schechtman [?] oder Ziegler [?]) auf den Raum $S(n, d)$ aller Triangulierungen des zyklischen d-dimensionalen, n-eckigen zyklischen Polytops $C(n, d)$ vorgeschlagen. Da diese Abbildung dort nur abstrakt in der Sprache der Polykategorientheorie definiert wird, ist es interessant, nach der konkreten Abbildungsvorschrift zu suchen. Die Frage nach dem bistellaren Zusammenhang dieser Räume ist immer noch offen und kann mit diesen Methoden attackiert werden.

[3] Vgl. [?], [?], [?], [?] für ausführlichere Informationen.

Abbildungspolytope

Der Raum aller affinen Abbildungen von einem Polytop P in ein Polytop Q ist wieder ein Polytop der Dimension $(\dim P + 1) \cdot \dim Q$ (vgl. Ziegler [?]), das *Abbildungspolytop* $\Phi(P, Q)$. Diese Konstruktion ist sehr universell. Wichtige Polytopkonstruktionen können als Abbildungspolytope aufgefaßt werden: beispielsweise erhält man so eine Version des Polaren eines Polytops, die nicht von der Einbettung abhängt.

Gesucht werden hier Strukturtheoreme von der Art

$$\Phi(P \diamond P', Q) \equiv \text{Funktion von } (\Phi(P, Q), \Phi(P', Q))$$

bzw.

$$\Phi(P, Q \diamond Q') \equiv \text{Funktion von } (\Phi(P, Q), \Phi(P, Q'))$$

(Funktoreigenschaften bzg. gewisser Polytopoperationen "$\diamond$") sowie die richtige Interpretation der kombinatorischen Struktur des Abbildungspolytops.

Ergebnisse anderer

Einige Spezialfälle der verallgemeinerten Baues-Vermutung sind von anderen bereits bewiesen worden:

- der Fall $\dim Q = 1$ (die originale Baues-Vermutung) [?],
- der Fall $\dim Q = 2$, wenn P ein Simplex ist (ohne Beweis in [?], mittlerweile bewiesen von Edelman & Reiner [?]),
- *euklidische Matroid-Programme.*[4]

Edelman & Reiner haben den *bistellaren Zusammenhang* der Triangulierungsräume von zyklische Polytopen bis einschließlich Dimension 5 nachgewiesen [?].

Für Abbildungspolytope gibt es bisher nur ein paar Beispiele in der Literatur (z. B. Ziegler [?]), Struktursätze sind bisher nicht veröffentlicht worden.

[4] Siehe Sturmfels und Ziegler [?] für den Zusammenhang mit Hyperwürfelprojektionen.

Eigene Ergebnisse

Im Sommersemester 1994 sind für Abbildungspolytope sind einige einfache, aber nützliche Eigenschaften zusammengestellt worden — wie z. B. $\Phi(P, Q \times Q') = \Phi(P, Q) \times \Phi(P, Q')$ — sowie mit deren Hilfe einige weitere Beispiele ausgerechnet worden (vgl. [?]).

Im Sommersemester/Wintersemester 1994/1995 konnten wir die verallgemeinerte Baues-Vermutung in ihrer allgemeinsten Form vollständig klären:

1. Die verallgemeinerte Baues-Vermutung ist *richtig* für $\dim P - \dim Q \leq 2$.

2. Die verallgemeinerte Baues-Vermutung ist *falsch* im Fall $\dim Q > 1$ und $\dim P - \dim Q > 2$. Es gilt stärker: Es existiert eine *degenerierte* Polytopprojektion eines 5-Polytops P mit 10 Ecken und 36 Facetten auf ein Dreieck Q, deren Halbordnung aller induzierten Unterteilungen ein isoliertes Element hat.[5]

3. Die verallgemeinerte Baues-Vermutung ist auch *falsch* im Fall $\dim Q > 1$ und $\dim P - \dim Q > 2$, wenn nur *nicht-degenerierte* Projektionen zugelassen sind: Es existiert eine nicht-degenerierte (injektiv auf Ecken von P) Polytopprojektion eines simplizialen 5-Polytops P mit 10 Ecken und 42 Facetten auf ein Sechseck Q, deren Halbordnung aller induzierten Unterteilungen mindestens zwei Zusammenhangskomponenten hat.

Zusammen mit den bereits bekannten Ergebnissen liefert das alle noch offenen Fälle ohne Zusatzvoraussetzungen an P.[6]

Im Sommersemester 1995 gelang es, eine *konkrete*, ordnungserhaltende Abbildung $\mathcal{T}$ von $B(n-2, d-1)$ nach $S(n, d)$ zu definieren. (Es ist immer noch unklar, ob sie mit der Kapranov-Voevodsky-Abbildung übereinstimmt.) In diesem Fall heißt "konkret", daß die Abbildung mithilfe eines selbstgeschriebenen MAPLE-Pakets am Computer für jedes Element ausgerechnet werden kann. Triangulierungen im Bild dieser Abbildung können algorithmisch bistellar verbunden werden. Die Komplexität dieses Verfahrens ist aber noch offen.

[5] D. h. im allgemeinen gilt nicht einmal Zusammenhang. Das Gegenbeispiel wurde zusätzlich durch ein eigenes Computerprogramm verifiziert.

[6] Siehe R. und ZIEGLER [?] für Details.

Ausblick

Es soll geklärt werden, ob die Abbildung $\mathcal{T}$ surjektiv ist. Das hat sich bislang als schweres Problem herausgestellt. Ein möglichst elementarer Beweis oder Gegenbeweis würde sehr zum Verständnis des Raums $S(n, d)$ beitragen.

Aktivitäten im Sommersemester

- Seminar "Polytope und lineare Optimierung" bei Prof. G. M. Ziegler,
- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs,
- Gutachten für "Mathematika".

Vorhaben im Wintersemester

- Vorlesung "Diskrete Strukturen und ihre Topologie" bei Prof. G. M. Ziegler,
- Herbstschule des Graduiertenkollegs über "Zufällige Strukturen und Algorithmen", 9.–11.10.95,
- "Kolloquium über Kombinatorik" am 17/18.11.95 in Braunschweig mit Vortrag.

Literatur

[1] Louis J. Billera, Mikhail M. Kapranov, and Bernd Sturmfels. Cellular strings on polytopes. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 122:549–555, 1994.

[2] Louis J. Billera and Bernd Sturmfels. Fiber polytopes. *Annals of Mathematics*, 135:527–549, 1992.

[3] Anders Björner. Topological methods. In R. Graham, M. Grötschel, and L. Lovász, editors, *Handbook of Combinatorics*. North Holland, Amsterdam, 1995.

[4] Jesús de Loera. A non-regular triangulation of the product of two tetrahedra. Preprint, 1994.

[5] Paul H. Edelman and Victor Reiner. The higher Stasheff-Tamari posets. Mathematika, to appear.

[6] Paul H. Edelman and Victor Reiner. Visibility complexes and the Baues Problem for triangulations in the plane. Preprint 1995.

[7] Branko Grünbaum. *Convex Polytopes*. Interscience, London, 1967. Revised edition (V. Klee and P. Kleinschmidt, eds.), Graduate Texts in Mathematics, Springer-Verlag, in preparation.

[8] Barry Joe. Three dimensional triangulations from local transformations. *SIAM Journal of Scientific Statistical Computation*, 10:718–741, 1989.

[9] Barry Joe. Construction of three-dimensional Delaunay triangulations using local transformations. *Computer Aided Geometric Design*, 8:123–142, 1991.

[10] Mikhail M. Kapranov and V. A. Voevodsky. Combinatorial-geometric aspects of polycategory theory: pasting schemes and higher bruhat orders (list of results). *Cahiers de Topologie et Géométrie différentielle catégoriques*, 32(1):11–27, 1991.

[11] Yu. I. Manin and V. V. Schechtman. Arrangements of hyperplanes, higher braid groups and higher Bruhat orders. *Advanced Studies in Pure Mathematics*, 17:289–308, 1989.

[12] Jörg Rambau and Günter M. Ziegler. Mapping polytopes and cofiber polytopes. In preparation.

[13] Jörg Rambau and Günter M. Ziegler. Projections of polytopes and the Generalized Baues Conjecture. Discrete & Computational Geometry, to appear.

[14] Bernd Sturmfels. Fiber polytopes: A brief overview. In M. Yoshida, editor, *Special differential equations*, pages 117–124. Kyushu University, Fukuoka, 1991.

[15] Bernd Sturmfels and Günter M. Ziegler. Extension spaces of oriented matroids. *Discrete & Computational Geometry*, 10:23–45, 1993.

[16] Günter M. Ziegler. Higher Bruhat orders and cyclic hyperplane arrangments. *Topology*, 32(2):259–279, 1993.

[17] Günter M. Ziegler. *Lectures on Polytopes*, volume 152 of *Graduate Texts in Mathematics*. Springer, New York, 1995.

Frank Recker

Name:	Frank Recker
Betreuer:	Prof. Dr. Martin Aigner
Arbeitsbereich:	Kombinatorik
Thema:	Kombinatorische Suche
Stipendiat	im Graduiertenkolleg seit Oktober 1994

Darstellung des Promotionsthemas

Die genaue Beschreibung von Suchproblemen findet sich in [?] und [?]. Wie im letzten Semesterheft berichtet, untersuche ich zur Zeit die Anzahl der nötigen Fragen, um in einem $(n,\ q)$-Baum[7] ein Blatt[8] zu lokalisieren. Die zuläßigen Fragen sind dabei alle vorhandenen Teilbäume. Die Antwort besagt, ob das Blatt in diesem Teilbaum liegt.

Allgemein lassen sich viele Fragestellungen aus den Bereichen „Combinatorial Search“ und „Combinatorial Group Testing“ auf dieses Modell übertragen.

Ergebnisse

In [?] wird von den Fibonaccibäume gezeigt, daß sie für $q = 2$ den „worst case“ darstellen. Es ist uns gelungen, diese Bäume für allgemeines q zu erweitern und bei diesen Bäumen direkt zu beweisen, daß es die schlimmsten Fälle sind.

Sei T ein q-Baum, $|T|$ die Anzahl der Blätter von T, $q(T)$ die Anzahl der Söhne von der Wurzel von T und $s(T)$ die Größe eines größten echten Teilbaumes von T. Für $t \in N$ sei $N_t(T)$ die Anzahl der Blätter, die nach t Fragen noch als defekt in Frage kommen. Sein nun $\mathcal{T}_{q,k,t}$ die Menge aller q-Bäume T, mit $N_t(T) \geq k$. Definiert man auf $\mathcal{T}_{q,k,t}$ eine Halbordnung durch die Vorschrift

$$T_1 \leq T_2 \iff ((|T_1| \leq |T_2|) \wedge (s(T_1) \leq s(T_2)) \wedge (q(T_1) \leq (T_2)))\,,$$

so lassen sich die minimalen Elemente von $\mathcal{T}_{q,k,t}$ rekursiv aus denen von $\mathcal{T}_{q,k,t-1}$ berechnen. Im Gegensatz zu dem von Rivest behandeltem Fall $q = 2$ besteht diese Menge im allgemeinen aus mehr als einem Baum. Insbesondere ergeben

[7] siehe [?], p. 13

[8] Dies wird aus historischen Gründen *defekt* genannt.

sich die Bäume mit minimaler Blattanzahl für gegebenes t nicht rekursiv aus den Bäumen mit minimaler Blattanzahl für $t-1$.

Als Folgerung aus dieser bekannten Struktur lassen sich sich weitere Fragen beantworten:

- Bei einem beliebigen Baum lassen sich die Anzahl der maximal notwendigen Fragen bis zum Identifizieren des Blattes errechnen. Es ist das kleinste t, so daß der Baum nicht mehr in $\mathcal{T}_{q,k,t}$ liegt. Das läßt sich durch den Vergleich mit den minimalen Elementen überprüfen.

- Für einen beliebigen Baum läßt sich damit eine optimale Suchstrategie finden. Es wird bei einer notwendigen Suchtiefe t ein Teilbaum T_1 gesucht, so daß weder T_1 noch $T \backslash T_1$ in $\mathcal{T}_{q,k,t}$ liegen.

Vorhaben

Die Berechnung der schlimmsten Fälle ist rekursiv. Wir wollen versuchen, eine explizite Darstellung für die Anzahl der notwendigen Fragen zu finden. Dies ist für eine Analyse der „Performance“ einer Suche in q-Bäumen, also der Effektivität einer einzelnen Frage bei wachsendem Baum, hilfreich.

Als nächstes wollen wir verschiedene Fragestellungen aus dem Bereich „Combinatorial Group Testing“ auf Bäume anwenden. So läßt sich der Suchaufwand bei mehr als einem defekten Blatt oder unbekannter Anzahl an defekten Blättern analysieren. Ebenfalls unbekannt ist, ab welcher Anzahl von defekten Blättern die triviale Suchstrategie[9] eine optimale Suchstrategie ist.

Aktivitäten im Sommersemster '95

Tagungen:

- 4th Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization

Vorlesungen und Seminare:

- Vorlesung und Seminar des Graduiertenkollegs
- Vorlesung: *Algorithmische Summation* bei Koepf
- Vorlesung: *Einführung in Datenbanksysteme* bei Voisard

[9]Jedes Blatt wird einzeln geprüft. Es sind also bei n Blättern $n-1$ Fragen notwendig.

Literatur

[AIG-88] Martin Aigner, *Combinatorical Search*, Wiley-Teubner Series in Computer Science (1988)

[DU-93] Ding-Zhu Du and Frank K. Hwang, *Combinatorical Group Testing*, Series on applied mathematics 3 (1993)

[KAT-91] G. O. H. Katona, *Rényi and the Combinatorial Search Problems*, Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica 26 (1991), 363–378

[RIV-77] Ronald L. Rivest, *The Game of "N" Questions on a Tree*, Discret Mathematics 17 (1977), 181–186

Andreas Schulz

Name:	Andreas Schulz
Betreuer:	Prof. Dr. R. H. Möhring
Arbeitsbereich:	Kombinatorische Optimierung
Thema:	Geometric and Combinatorial Methods and Structures in Discrete Optimization with Applications to Scheduling Theory
Stipendiat	im Graduiertenkolleg seit Oktober 1993

Darstellung des Promotionsthemas

Das Gebiet der Kombinatorischen Optimierung ist insbesondere durch die Existenz einer Vielzahl unterschiedlicher diskreter Optimierungsprobleme gekennzeichnet, zu deren Lösung und Verständnis oft auf das jeweilige spezielle Problem zugeschnittene Algorithmen und Objekte entwickelt und untersucht werden. Häufig offenbaren zunächst recht verschieden erscheinende Probleme bzw. die zu ihrer Lösung und zu ihrem Studium hervorgebrachten Methoden und Objekte, wie beispielsweise gemäß des Ansatzes der polyedrischen Kombinatorik assoziierte Polyeder, gemeinsame Strukturen.

Zielsetzung des Promotionsvorhabens ist u. a. (s. a. die Darstellungen im Bericht zum Sommersemester 1994 sowie zum Wintersemester 1994/95) die Untersuchung der Beziehungen zwischen Objekten, die mit verschiedenen Problemen assoziiert werden, und das Erkennen solcher gemeinsamer Strukturen sowie die Verwendung der auf höherem Niveau gewonnenen Erkenntnisse für die speziellen Probleme. Die untersuchten speziellen Probleme sind vor allem solche aus der Disziplin des Scheduling.

Ergebnisse

- Sei $(N, \mathcal{H})$ ein Hypergraph und $tr : \mathcal{H} \to 2^N$ eine Abbildung, die jeder Kante $H \in \mathcal{H}$ eine Teilmenge von $N \setminus H$ zuordnet. Die Einführung des *Generalized Packing* Polytops

  $$\mathcal{P}_{\text{GP}}(N, \mathcal{H}, tr) = \text{conv}\{x \in \{0,1\}^N : x(H) - x(tr(H)) \leq |H| - 1 \ \forall H \in \mathcal{H}\}$$

  erlaubt es, viele zuvor studierte Polytope als Spezialfall (Wahl von N, $\mathcal{H}$ und tr) aufzufassen. Durch diese Sichtweise gelingt es nicht nur, die gemeinsame Struktur zuvor unabhängig voneinander studierter Polytope aufzuzeigen, sondern auch für einige der speziellen Polytope neue Klassen gültiger Ungleichungen herzuleiten. Insbesondere erweisen sich viele für spezielle Polytope gültige Ungleichungen als Spezialfall von Klassen gültiger Ungleichungen für das Generalized Packing Polytop, nämlich von *Generalized Odd Closed Walk*, von *Generalized Clique* und von *Generalized Antihole* Ungleichungen. Zu den Polytopen, die sich als Spezialfall des Generalized Packing Polytops auffassen lassen, gehören unter anderen das *Stable Set*, das *Acyclic Subdigraph*, das *Clique Partitioning*, das *Transitive Acyclic Subdigraph* und das *Interval Order* Polytop.

- Im Fall des Interval Order Polytops bilden die Kanten eines Digraphen $D = (V, A)$ die Knoten des Hypergraphen, der hier zudem ein einfacher Graph ist. Zwei Kanten (i, j) und (k, ℓ) sind adjazent, wenn $i \neq k$ und $j \neq \ell$ gilt. Die Abbildung tr ordnet zwei solchen Kanten die Kanten (i, ℓ) und (k, j) zu, sofern diese in A vorhanden sind.

  Induziert der gerichtete Graph D eine serien–parallele Ordnung, so kann für die untere Monotonisierung des Interval Order Polytops eine vollständige Beschreibung durch lineare Ungleichungen angegeben werden. Dieses Resultat basiert auf der Erkenntnis, daß der durch die obige Adjazenzrelation auf A induzierte Graph schwach trianguliert und somit perfekt ist.

- Basispolytope $B(f)$ strikt supermodularer Systeme $(2^N, f)$ sind wohlverstandene Objekte. Ist jedoch eine partielle Ordnung P auf der Grundmenge N gegeben, so kann aufgrund komplexitätstheoretischer Überlegungen nicht erwartet werden, eine vollständige lineare Beschreibung für die konvexe Hülle $B(f,P)$ all jener Ecken von $B(f)$, die von einer Permutation induziert werden, die P erweitert, zu finden. In Erweiterung der Arbeiten über das verallgemeinerte Permutaeder konnte für das Polytop $B(f,P)$ die Abhängigkeit seiner Struktur und Dimension von der Serien–Zerlegung der Ordnung P etabliert sowie die Dimension der durch Ideal–Ungleichungen induzierten Seitenflächen charakterisiert werden.

- In Fortsetzung der Untersuchungen von 0/1–Optimierungsproblemen konnte die Äquivalenz der folgenden fünf Probleme hinsichtlich stark polynomialer Lösbarkeit nachgewiesen werden.

The Optimization Problem (OPT)
Given a vector $c \in \mathbb{Z}^n$ and a point $x^0 \in \mathcal{F}$, find a point $x^* \in \mathcal{F}$ that maximizes $c\,x$ on $\mathcal{F}$.

The Augmentation Problem (AUG)
Given a vector $c \in \mathbb{Z}^n$ and a point $x^{\text{old}} \in \mathcal{F}$, find a point $x^{\text{new}} \in \mathcal{F}$ such that $c\,x^{\text{new}} > c\,x^{\text{old}}$, or assert that no such x^{new} exists.

The Irreducible Augmentation Problem (IRR–AUG)
Given a vector $c \in \mathbb{Z}^n$ and a point $x^{\text{old}} \in \mathcal{F}$, find a point $x^{\text{new}} \in \mathcal{F}$ such that $x^{\text{new}} - x^{\text{old}}$ is irreducible and $c\,x^{\text{new}} > c\,x^{\text{old}}$, or assert that no such x^{new} exists.

The Maximum Mean Augmentation Problem (MMA)
Given a vector $c \in \mathbb{Z}^n$ and a point $x^{\text{old}} \in \mathcal{F}$, find a point $x^{\text{new}} \in \mathcal{F}$ such that $c\,x^{\text{new}} > c\,x^{\text{old}}$ and x^{new} maximizes

$$\frac{c\,(x - x^{\text{old}})}{|x - x^{\text{old}}|_1}$$

over $\mathcal{F} \setminus \{x^{\text{old}}\}$, or assert that no such x^{new} exists.

The Verification Problem (VER)
Given a vector $c \in \mathbb{Z}^n$ and a point $x^0 \in \mathcal{F}$, decide whether x^0 maximizes $c\,x$ on $\mathcal{F}$, or not.

Hierbei ist $\mathcal{F} \subseteq \{0,1\}^n$. Diese Ergebnisse resultierten aus einer Zusammenarbeit mit Robert Weismantel und Günter M. Ziegler.

- Eine *Testmenge* für ein ganzzahliges lineares Optimierungsproblem ist eine Menge von Vektoren, die für jeden zulässigen, aber nicht optimalen Punkt x^{old} ein Element g enthält, so daß $x^{\text{old}} + g$ ebenfalls zulässig ist und einen besseren Zielfunktionswert als x^{old} hat. Eine Testmenge heißt *universal*, falls sie diese Eigenschaft für alle Zielfunktionen aufweist. Eine universale Testmenge ist *minimal*, wenn zu jedem Element g der Testmenge eine Zielfunktion sowie ein zulässiger, aber nicht optimaler Punkt x^{old} existieren, so daß g der einzige Vektor der Testmenge ist, so daß $x^{\text{old}} + g$ zulässig ist und besseren Zielfunktionswert aufweist als x^{old}. Es konnte gezeigt werden, daß
  - nicht für alle ganzzahligen linearen Optimierungsprobleme und jedes Element g der minimalen universalen Testmenge desselben ein Beweis polynomialer Länge existiert, daß g Element der minimalen universalen Testmenge ist, sofern $\mathcal{NP} \neq$ co–$\mathcal{NP}$;
  - das Problem "Ist die minimale universale Testmenge nicht leer?" $\mathcal{NP}$–vollständig ist.

Desweiteren sind die Testmengen für einige Scheduling Probleme charakterisiert worden. Zudem wurde gezeigt, daß ein Mengensystem $(N, \mathcal{B})$ genau dann das Basissystem eines Matroids ist, wenn $\{e^j - e^i :$ für einige $i, j \in N\}$ eine minimale universale Testmenge für lineare Optimierungsprobleme über $(N, \mathcal{B})$ ist. Diese Resultate entsprangen teilweise der Zusammenarbeit mit Maurice Queyranne.

- Die meisten *Shop* Probleme im Scheduling zeichnen sich durch $\mathcal{NP}$–Vollständigkeit aus. Nur für wenige Spezialfälle, unter ihnen das bereits von Johnson studierte 2–Maschinen Flowshop Problem, sind polynomiale Algorithmen bekannt. Bestimmte Mengen–Funktionen, die sich z. T. als supermodular erweisen und effizient maximiert werden können, konnten in gemeinsamer Arbeit mit Maurice Queyranne als explizites und vereinheitlichendes duales Konstrukt für einige dieser Spezialfälle etabliert werden. Dies wirft nicht nur ein neues Licht auf die Regel von Johnson, sondern führt auch zu einigen Min–Max Resultaten. Auf allgemeine Flowshop Probleme erweitert, liefern diese Mengenfunktionen neue duale Schranken, die sich in Branch&Bound Verfahren als nützlich erweisen könnten.

Vorhaben

- Fertigstellung der Dissertationsschrift

Aktivitäten

Vorträge

- "0/1–Integer Programming: Optimization and Augmentation are Equivalent", Gastvortrag am Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Niederlande, 04.04.1995

- "The Interval Order Polytope of a Digraph", Vortrag während des *Workshop on Graph Algorithms and Scheduling* im Human Capital and Mobility Programme "Models, Algorithms and Systems for Decision Making" zwischen den Partnern Technische Universiteit Eindhoven und

Technische Universität Berlin, Technische Universität Berlin, 20.04. – 21.04.1995

- "Relations between Various Scheduling Polyhedra", Vortrag während des 2^{nd} *Workshop on Models and Algorithms for Planning and Scheduling Problems*, Wernigerode, 22.05. – 26.05.1995
- "The Interval Order Polytope of a Digraph", Vortrag während der 4^{th} *Conference on Integer Programming and Combinatorial Optimization* (IPCO), Kopenhagen, Dänemark, 29.05. – 31.05.1995
- "0/1–Integer Programming: Optimization and Augmentation are Equivalent", Vortrag während des 15. *Berliner Algorithmen Tages* (BAT), Humboldt–Universität zu Berlin, 09.06.1995

Veröffentlichungen

- A. S. Schulz, "The Permutahedron of Series–Parallel Posets", *Discrete Applied Mathematics* 57 (1995), 85–90.
- R. Müller and A. S. Schulz, "The Interval Order Polytope of a Digraph", in Egon Balas and Jens Clausen (eds.): *Integer Programming and Combinatorial Optimization*, Lecture Notes in Computer Science 920, Springer: Berlin, 1995, pp. 50–64.
- M. Queyranne and A. S. Schulz, "Scheduling Unit Jobs with Compatible Release Dates on Parallel Machines with Nonstationary Speeds", in Egon Balas and Jens Clausen (eds.): *Integer Programming and Combinatorial Optimization*, Lecture Notes in Computer Science 920, Springer: Berlin, 1995, pp. 307–320.
- A. von Arnim and A. S. Schulz, "Facets of the Generalized Permutahedron of a Poset", Preprint No. 386/1994, Fachbereich Mathematik, Technische Universität Berlin, Germany, to appear in *Discrete Applied Mathematics*.
- A. S. Schulz, R. Weismantel, and G. M. Ziegler, "0/1–Integer Programming: Optimization and Augmentation are Equivalent", to appear in Springer Lecture Notes in Computer Science, Proceedings of the Third Annual European Symposium on Algorithms, September 1995.

- M. Queyranne and A. S. Schulz, "Polyhedral Approaches to Machine Scheduling", Preprint No. 408/1994, Fachbereich Mathematik, Technische Universität Berlin, Germany, submitted.

Gäste

- Prof. Dr. Maurice Queyranne, University of British Columbia, Vancouver, Kanada, 22.04. – 21.05.1995
- Dr. Marjan van den Akker, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Niederlande, und Universite Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgien, 14.05. – 21.05.1995

Sonstige

- Gastaufenthalt an der Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, Niederlande, 02.04. – 07.04.1995
- Gastaufenthalt an der Universite Catholique de Louvain, Center for Operations Research and Econometrics (CORE), Louvain-la-Neuve, Belgien, 05.04.1995
- Erstellung von Gutachten für die Zeitschriften *Mathematics of Operations Research*, *Mathematical Programming* und *SIAM Journal on Discrete Mathematics* sowie anläßlich des 21^{st} *International Workshop on Graph–Theoretic Concepts in Computer Science* 1995 (WG'95) und des 6^{th} *Annual International Symposium on Algorithms and Computation* (ISAAC'95)
- Leitung des Drittmittelprojekts "Disjunkte Einbettung von Graphen in Basisgraphen" an der Technischen Universität Berlin
- Mitbetreuung von 6 Diplomanden an der Technischen Universität Berlin
- Besuch der Vorlesung und des Kolloquiums des Graduiertenkollegs

Regina Urbaniak

Name:	Regina Urbaniak
Betreuer:	Prof. M.Grötschel und Dr. R. Weismantel
Arbeitsbereich:	Kombinatorische Optimierung
Thema:	Testmengen in der ganzzahligen Optimierung

Stipendiatin im Graduiertenkolleg seit April 1995

Arbeitsgebiet

Gegeben sei ein ganzzahliges Programm der Form

$$\begin{array}{rrl} \max & c^T x & \\ & Ax & \leq b \\ & x & \leq u \\ & x & \in \mathbb{N}^n, \end{array}$$

mit $A \in \mathbb{Z}^{m\times n}$, $b \in \mathbb{Z}^m$, $c \in \mathbb{R}^n$ und $u \in \mathbb{N}^n$. Eine Menge $\mathcal{T} = \{v_1, \ldots, v_t\} \subseteq \mathbb{Z}^n$ von ganzzahligen Vektoren (sogenannten Augmentierungsvektoren) wird Testmenge für das obige Programm genannt, falls es zu jeder zulässigen, aber nicht optimalen Lösung (wenigstens) ein $v_i \in \mathcal{T}$ gibt, so daß $x + v_i$ eine zulässige Lösung mit besserem Zielfunktionswert als x ist. Ist eine Testmenge bekannt, so gibt es einen offensichtlichen Algorithmus zur Lösung des obigen Programms, vorausgesetzt, eine zulässige Startlösung ist bekannt: solange möglich, wird x durch Elemente in $\mathcal{T}$ verbessert. Ist eine Verbesserung nicht mehr möglich, so ist die aktuelle Lösung optimal. Daraus folgt, daß man die Optimalität einer Lösung erst dann beweisen kann, wenn die vollständige Testmenge bekannt ist.

Verschiedene Konzepte für Testmengen wurden schon in der Literatur vorgestellt und charakterisiert. Darunter befinden sich die Graver Testmenge ([?]), die Schrijver Testmenge ([?]) und die reduzierte oder universelle Gröbner Basis ([?], [?], [?], [?]). Gröbner Basen haben ihren Ursprung in der Theorie der Ideale, und lassen sich mit Hilfe des sogenannten Bucherger–Algorithmus konstruieren. Eine geometrische Interpretation dieses Verfahrens kann zur Lösung von ganzzahligen Programmen eingesetzt werden.

Ergebnisse und Ziele

Das Ziel meiner Promotion ist, mit Hilfe von Testmengen Probleme mit mehreren 100 Spalten und Zeilen in vernünftiger Rechenzeit optimal zu lösen. Die Implementierung der in [?] vorgestellten Algorithmen zur Erzeugung von Testmengen für Probleme obiger Form hat allerdings gezeigt, daß schon für kleine Matrizen (etwa 80 Spalten und 5 Zeilen) die Kardinalität der Testmenge mehrere zehntausend überschreiten kann. Dies führt bei solch kleinen Problemen häufig zu Rechenzeiten von mehr als 30 Minuten CPU–Einheiten. Um diese Algorithmen jedoch auch auf große Probleme anwenden zu können (gemeint sind Probleme mit mehreren 100 Spalten und Zeilen) ist es notwendig, die Augmentierungsvektoren kombinatorisch zu charakterisieren. Bis jetzt konnte ich die Elemente der Testmenge für das Problem, eine Menge maximaler Kardinalität zu finden, welche im Durchschnitt von zwei Matrioden liegt, beschreiben. Ferner konnte ich die Testmenge für das Optimierungsproblem über dem Durchschnitt dreier Matroide mit je einem Zirkuit charakterisieren. Diese Resultate plane ich auf

- k Matroide mit je einem Zirkuit, und
- drei Matroide mit mehreren Zirkuiten

zu verallgemeinern. Ferner werde ich die daraus gewonnenen Erkenntnisse algorithmisch umsetzten.

Aktivitäten im Sommersemester 1995

- Besuch der Vorlesung 'Rucksackprobleme' (R. Weismantel) sowie des Semniars 'Approximative Algorithmen in der kombinatorischen Optimierung ' (Prof. Grötschel und N.Kamin).
- Besuch der Vorlesungen und der Kolloquiuen des Graduiertenkollegs
- Erstellung eines Gutachtens für die Zeitschrift *Computational Optimizations and Applications*

Literatur

[1] P. Conti & C. Traverso: *Buchberger Algorithm and Integer Programming,* Proceedings AAECC-9 (New Orleans), Springer LNCS **539**, 1991, pp. 130-139.

[2] J. E. Graver: *On the fundations of linear and integer programming I,* Mathematical Programming 8 (1975).

[3] A. Schrijver: *Theory of linear and integer programming,* Wiley–Interscience Series of Operations Research 17 No.3, August 1992, 608–614.

[4] B. Sturmfels & R. Weismantel & G. M. Ziegler *Gröbner basis of lattices, corner polyhedra, and integer programming* preprint 1994

[5] B. Sturmfels & R. R. Thomas *Variation of cost functions in integer programming* Cornell University, Ithaca, New York 14853. August 12, 1994.

[6] R. R. Thomas *Gröbner Basis Methods for integer programming,* A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (August 1994).

[7] R. Urbaniak, R. Weismantel & G. M. Ziegler: *A variant of the Buchberger algorithm for integer programming,* preprint 1994

Lorenz Wernisch

Name: Lorenz Wernisch
Betreuer: Prof. Dr. Emo Welzl
Arbeitsgebiet: Bioinformatik, Markovketten
Postdoktorand im Graduiertenkolleg seit Oktober 1994

Darstellung der Arbeitsgebiete

Wie schon im letzten Bericht ausgeführt, ist eines der zentralen Probleme der Bioinformatik die Berechnung der Faltung von Proteinen, also von Ketten von Aminosäuren. Da eine realistische Simulation sehr rechenintensiv ist, bieten sich diskrete Simulationen an, die etwa die Aminosäuren auf Gitterpunkte legen und nur bestimmte Kantenverbindungen zwischen besetzten Gitterpunkten zulassen (siehe z.B. Skolnick und Kolinski [?] oder Miller et al [?]). Monte Carlo Simulation ist nun eine Möglichkeit, bestimmte Aspekte des Faltungsprozesses zu studieren. Ein Problem dabei ist nun die Frage, wann eine solche Simulation abgebrochen werden kann und die erzielte Verteilung der tatsächlichen (etwa der energieabhängigen Gibbsverteilung) entspricht.

Der Ansatz von Randall [?] zur Erzeugung von zufälligen selfavoiding walks (mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit wächst der Weg in eine zufällige Richtung oder er schrumpft) läßt sich auch zur Erzeugung von Proteinfaltungen auf Gittern entsprechend der Gibbsverteilung übertragen. Sollte dieser Markovprozeß rasch konvergieren (d.h., es genügen Schritte einer Anzahl polynomiell in der Länge der Proteinkette, der Prozeß "mischt schnell"), muß eine Erweiterung der Hypothese, die Randall voraussetzt, als richtig angenommen werden. Die Richtigkeit der Hypothese selbst kann allerdings im erzeugenden Programm selbst überprüft werden. Die auf diese Weise entstehenden Proteinfaltungen sind nicht ganz realistisch, da z.B. Faltungen mit Knoten entstehen können, die in der Natur nicht beobachtet werden. Im weiteren sollen realistischere Markovmodelle untersucht werden.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit schnell mischender Markovketten liegt in der Erzeugung von zufälligen linearen Erweiterungen (notiert in Form einer Permutation) einer partiellen Ordnung. Karzanov und Khachiyan [?] zeigen, daß eine Markovkette, die zufällige Transpositionen benachbarter Elemente in einer solchen Permutation ausführt, nach $O(n^5)$ Schritten eine ungefähre Gleichverteilung erreicht. Man kann nun zeigen, daß sich Propps und Wilsons [?] elegantes Konzept des backward coupling auf den Fall zweidimensionaler Ordnungen anwenden läßt. Man erhält ein Abbruchkriterium für das Erreichen der Gleichverteilung, das nach erwarteten $O(n^3 \log n)$ Schritten erfüllt wird. Leider weisen Indizien darauf hin, daß sich diese Methode nicht auf höherdimensionale Ordnungen ausdehnen läßt. Allerdings läßt sich in diesem Fall vermutlich obige Analyse auf $O(n^4)$ (gegenüber $O(n^5)$) Schritte verbessern.

Vorlesung: Ausgewählte Kapitel der Bioinformatik.

Summer School und Konferenz "Combinatorial Pattern Matching 95", Helsinki.

Literatur

[1] A. K. Karzanov and L. Khachiyan. On the conductance of order markov chains. *Order*, 8:7–15, 1991.

[2] R. Miller, C. A. Danko, M. J. Fasolka, A. C. Balazs, H. S. Chan, and K. A. Dill. Folding kinetics of proteins and copolymers. *J. Chem. Physics*, 96:768–780, 1992.

[3] J. G. Propp and D. B. Wilson. Exact sampling with coupled markov chains and applications to statistical mechanics. manuscript, 1995.

[4] D. Randall. *Counting in Lattices: Combinatorial Problems from Statistical Mechanics*. PhD thesis, ICSI Berkely, 1994. available as techn. report TR-94-055.

[5] J. Skolnick and A. Kolinski. Dynamic monte carlo simulation of a new lattice model of globular protein folding, structure and dynamcis. *J. Mol. Biology*, 221:499–531, 1991.

Jörg Zuther

Name:	Jörg Zuther
Betreuer:	Prof. Dr. H. A. Jung
Arbeitsbereich:	Graphentheorie
Thema:	Enden in Digraphen
Stipendiat	im Graduiertenkolleg seit April 1994

Darstellung des Promotionsthemas

In den frühen 40er Jahren untersuchten Hopf [?] und Freudenthal [?] diskrete Gruppen mit Hilfe des Endenkonzeptes. Unabhängig davon führte Halin [?] den Endenbegriff für unendliche Graphen 1964 nochmals ein. Beide Endenkonzepte stimmen für Cayley-Graphen überein. Das Endenkonzept erwies sich als ein grundlegendes und wichtiges Werkzeug in der Theorie der unendlichen Graphen. Diestel [?] und Polat [?] geben einander ergänzende Überblicke über verschiedene Aspekte des Themas.

Soweit mir bekannt ist, wurde der Endenbegriff bisher nur für die Untersuchung von *ungerichteten* Graphen benutzt. Es stellt sich daher die Frage, ob sich ein Endenbegriff auch für gerichtete Graphen sinnvoll definieren läßt. Dies ist in der Tat der Fall. Zwei einseitig unendliche Wege in einem (ungerichteten) Graphen G heißen *äquivalent* genau dann, wenn es unendlich viele dieselben verbindende paarweise disjunkte Wege gibt. Die Äquivalenzklassen bzgl. dieser Relation werden *Enden von G* genannt. Für einseitig unendliche Bahnen (kurz: *1-Bahnen*) U und V eines gerichteten Graphen D bedeute $U \leq_D V$, daß es unendlich viele disjunkte Bahnen von U nach V gibt, und $U \sim_D V$, daß gilt $U \leq V$ und $V \leq U$. Dann ist $\leq$ eine Quasiordnung und $\sim$ eine Äquivalenzrelation auf der Menge aller 1-Bahnen von D. Die Äquivalenzklassen bzgl. $\sim$ werden *Enden von D* genannt, und $\leq$ induziert eine partielle Ordnung auf der Menge aller Enden von D. Eigentlich ergeben sich sogar drei verschiedene Endenbegriffe: *ω-Enden* (welche ausschließlich ω-Bahnen enthalten, d.h. einseitig unendliche Bahnen, die 'nach ∞ abhauen'), *ω^*-Enden* (welche ausschließlich ω^*-Bahnen enthalten, d.h. einseitig unendliche Bahnen, die 'von ∞ kommen') und *zusammengesetzte Enden* oder kurz *z-Enden* (die sowohl ω- als auch ω^*-Bahnen enthalten können).

Das hier eingeführte Endenkonzept für Digraphen läßt sich sowohl als eine Verallgemeinerung des Endenbegriffes für ungerichtete Graphen als auch als eine Verfeinerung gewisser Unterenden des zugrundeliegenden ungerichteten Graphen ansehen.

Es stellt sich nun als erstes die Frage, wie diejenigen Ordnungen aussehen, die auf Endenmengen von Digraphen auftreten. Eine (partielle) Ordnung $(X, \leq)$ heißt ω-darstellbar genau dann, wenn es einen Digraphen D gibt, dessen Endenordnungsstruktur isomorph zu $(X, \leq)$ ist. Die Begriffe *ω^*-darstellbar* und *z-darstellbar* werden analog definiert. Das bisher wichtigste Ergebnis zu diesem Thema war, daß eine ω-darstellbare Ordnung notwendig zu jeder streng monoton wachsenden Folge ein Supremum enthalten muß. Ich habe einige weitere Ergebnisse (z.B. eine hinreichende Bedingung für ω-Darstellbarkeit) zu diesem Problem.

Generell sind vor allem folgende beiden Fragen interessant:

1. Inwieweit lassen sich Ergebnisse über Enden in ungerichteten Graphen auf Enden in Digraphen verallgemeinern?

2. Lassen sich "gerichtete Enden" zur Erforschung ungerichteter unendlicher Graphen heranziehen?

Während ich einige Ergebnisse bezüglich der ersten Frage aufweisen kann, vermag ich die zweite Frage bisher nicht zu bejahen.

Ergebnisse

Die Untersuchung der Automorphismen eines Graphen verrät sehr viel über seine Struktur. Es gibt einige sehr schöne Ergebnisse über Zusammenhänge zwischen der Automorphismengruppe von unendlichen Graphen und ihrer Struktur. Insbesondere haben sich in diesem Zusammenhang Translationen herausgestellt.

Eine *Translation* eines (Di)graphen D ist ein Automorphismus, der keinen endlichen Teil(di)graphen von D fest läßt. Eine zweiseitig unendliche Bahn B heißt *τ-periodisch* genau dann, wenn τ eine Translation ist und es eine natürliche Zahl k gibt derart, daß $\tau^k(B) = B$ ist. Eine Translation τ in einem ungerichteten Graphen G fixiert stets entweder ein oder zwei Enden, und es gibt τ-periodische zweiseitig unendliche Wege. Diese Wege werden durch τ in eines der fixierten Enden gewissermaßen hineingeschoben. Dieses Ende heißt *Richtung von* τ und wird kurz mit $\mathcal{D}_\tau$ bezeichnet. Fixiert τ zwei Enden, so ist das andere Ende, aus dem die τ-periodischen Bahnen gewissermaßen herausgezogen werden, gleich $\mathcal{D}_{\tau^{-1}}$. Weiter wird der zugrundeliegende ungerichtete Graph eines Digraphen D mit D^u bezeichnet. Damit läßt sich im Anschluß an Halins zentrales Theorem 9 aus [?] für Digraphen anmerken:

Sei D ein Digraph und τ eine Translation von D so, daß die induzierte Translation τ^u von D^u genau zwei Enden von D^u fixiert, nämlich $\mathcal{E} := \mathcal{D}_{\tau^u}$ and $\mathcal{E}' := \mathcal{D}_{(\tau^u)^{-1}}$. Weiter seien r die maximale Kardinalität eines Systems von paarweise disjunkten τ-periodischen zweiseitig unendlichen Bahnen in D so, daß die ω-Hälften dieser zweiseitig unendlichen Bahnen in E liegen, s die maximale Kardinalität eines Systems von paarweise disjunkten ω-Bahnen so, daß die zugrundeliegenden ungerichteten einseitig unendlichen Wege in $\mathcal{E}$ liegen, und s^* die maximale Kardinalität eines Systems von paarweise disjunkten ω^*-Bahnen in D so, daß die zugrundeliegenden ungerichteten einseitig unendlichen Bahnen in $\mathcal{E}'$ liegen. Dann gilt $r = s = s^*$.

Weiter: Ein Digraph D heißt *Strip*, falls D eine Translation zuläßt und D^u zusammenhängend und lokalfinit ist sowie genau zwei Enden hat. Ein (Di)graph heißt *eckensymmerisch*, falls seine Automorphismengruppe transitiv auf seiner Eckenmenge operiert. Als neues Ergebnis ergab sich nun:

Ist D eine gerichteter, eckensymmetrischer Strip, so hat D genau zwei z-Enden.

Literatur zum Thema Strips z.B.: [?], [?].

Weiter tauchte die Frage auf, wie diejenigen eckensymmetrischen Graphen aussehen, die eine eckensymmetrische Orientierung haben. Diese Frage ist bereits für den endlichen Fall schwer, und ich kann hier auch keine wesentlichen Ergebnisse vorweisen. Wenn jemand Ergebnisse hierzu hat oder kennt, möge er/sie sie mir bitte mitteilen. Vor allem in bezug auf die oben geäußerte zweite Frage wären solche Resultate für mich interessant.

Vorhaben

Für meine weiteren Forschungen setze ich zwei Schwerpunkte: Erstens möchte ich mehr über die Zusammenhänge zwischen der Endenstruktur und der Automorphismengruppe von Digraphen in Erfahrung bringen. Zweitens interessiert mich sehr, ob sich Zusammenhänge zwischen der Endenstruktur eines ungerichteten Graphen und den Endenstrukturen seiner möglichen Orientierungen finden lassen, und wenn ja, wie diese sich für die Untersuchung unendlicher ungerichteter Graphen zunutze machen lassen.

Aktivitäten

- Teilnahme am *4th Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization* vom 07.-09. Juni 1995 in Enschede, Holland, mit Vortrag über *Ends in Digraphs*
- Teilnahme an der *Fifteenth British Combinatorial Conference* vom 03.-07. Juli an der Universität von Stirling, Schottland, mit Vortrag über *Ends in Digraphs*
- Teilnahme an einem *Kolloquium über Graphentheorie* an der TU Berlin mit Vortrag über *Enden und Automorphismen von unendlichen Graphen und Digraphen*
- Teilnahme an der Vorlesung und dem Kolloquium des Graduiertenkollegs
- Paper *Ends in Digraphs* eingereicht bei *Discrete Mathematics*

- Joint-Work mit F. Harary über unendliche Summen-Graphen (geplant)

Literatur

[1] R. Diestel. The end structure of a graph: Recent results and open problems. *Disc.Math.* 100:313–327, 1992.

[2] H. Freudenthal. Über die Enden diskreter Räume und Gruppen. *Comm. Math.Helv.* 17:1–38, 1944

[3] R. Halin. Über unendliche Wege in Graphen. *Math.Ann.* 157:125–137, 1964.

[4] R. Halin. Automorphisms and Endomorphisms of Infinite, Locally Finite Graphs. *Hbg.Math.Abh.* 39:251–283, 1973.

[5] H. Hopf. Enden offener Räume und unendliche diskontinuierliche Gruppen. *Comm.Math.Helv.* 16:81–100, 1943/44

[6] H.A. Jung. Some results on ends and automorphisms of graphs. *Disc.Math.* 95:119–133, 1991.

[7] H.A. Jung and M.E. Watkins. Fragments and Automorphisms of Infinite Graphs. *Europ. J. Comb.* 5:149–162, 1984

[8] N. Polat. Topological aspects in infinite graphs. In G. Hahn et al., editors, *Cycles and Rays*. NATO ASI, C. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1990.

[9] M.E. Watkins. Infinite Paths That Contain Only Shortest Paths. *J.Comb. Th.* B 41:341–355, 1986.

[10] M.E. Watkins. Edge-transitive strips. *Disc. Math.* 95:359–372, 1991

[11] J. Zuther. Über die Verzweigungsstrukturen von unendlichen Digraphen. Diplomarbeit, Universität Hamburg, Juli 1993.