Graduiertenkollegs

Algorithmische Diskrete Mathematik

Combinatorics, Geometry, and Computation

Semesterheft

Winter 2000/2001

Inhaltsverzeichnis

1 Vorstellung

“Algorithmische Diskrete Mathematik”

Dieses Graduiertenkolleg besteht seit Oktober 1991 am Fachbereich Mathematik und Informatik 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).

Es nehmen nur noch 4 Stipendiaten daran teil, da das Kolleg am 30. September 2000 endete und sich nun für ein Jahr in der Phase der Auslauffinanzierung befindet. Die Stipendiaten und Postdoktoranden des letzten Semesters werden sich nachfolgend mit ihren Arbeiten vorstellen.

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, Graphenalgorithmen, Entwurf und Analyse von Algorithmen, diskreter und algorithmischer Geometrie und ähnlichem;
- Doktorandenseminare zu den Gebieten, welche Vorhaben aller Stipendiaten und assoziierter Mitglieder umfassen;
- Spezialschulen (ein- bis zweimal 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.

"Combinatorics, Geometry, and Computation"

Das seit 1. Januar 2000 bestehende neue Europäische Graduiertenkolleg wird auf Berliner Seite im wesentlichen von den gleichen Dozenten getragen. Es wird in Zusammenarbeit mit Partnern aus dem europäischen Ausland gestaltet. Hauptpartner ist eine Gruppe von Dozenten der Departements Informatik und Mathematik der ETH Zürich, die zu diesem Zweck ein ähnliches Doktoranden-Projekt entworfen und Mittel dafür eingeworben hat. Neben Zürich als Hauptpartner nehmen an dem Kolleg noch Arbeitsgruppen der Universiäten in Prag, Budapest, Eindhoven, Poznań, Oxford und Louvain-la-Neuve als assoziierte Partner teil.

Die geplante Dauer des neuen Kollegs beträgt wieder 9 Jahre, wobei die Förderung durch die DFG zunächst für drei Jahre bewilligt ist. Bisher werden 7 Stipendiaten gefördert, insgesamt soll das Kolleg auf 10 Stipendiaten und 2 Postdoktoranden ausgebaut werden. Das Partnerprogramm in Zürich hat etwa die gleiche Größe.

Diskrete Mathematik und theoretische Informatik sind weiterhin Forschungsgebiete des Kollegs. Darüber hinaus wird nun jedoch deutlich mehr Betonung auf geometrische Fragestellungen und auf Anwendungen gelegt. Besonders beim Partner Zürich sind daher auch Dozenten der Anwendungsgebiete geographische Informationssysteme, Computer-Graphik, Computer-Vision und Operations Research beteiligt. Insgesamt ist das Kolleg in die vier Hauptarbeitsgebiete Kombinatorik, Geometrie, Optimierung, sowie Algorithmen und Berechnung gegliedert.

Im neuen Kolleg werden wie im bisherigen wöchentlich GK-Vorlesungen und Kolloquien sowie ein- bis zweimal im Jahr Schulen durchgeführt. Neu hinzu kommen speziell für das Kolleg entwickelte *Blockvorlesungen* für die eigenen Stipendiaten und die der Partnerinstitutionen sowie jährliche Workshops zum Treffen aller beteiligten Partner. Die Stipendiaten halten sich für mindestens ein halbes Jahr ihres Studiums bei einem ausländischen Partner auf, umgekehrt schicken die Partner ihre Stipendiaten für den gleichen Zeitraum nach Berlin. Stipendiaten müssen zudem mindestens in jedem der vier Forschungsgebiete des Kollegs an einer Blockvorlesung teilnehmen.

Doktoranden im Kolleg wird, insbesondere auch durch die Blockvorlesungen und den langfristigen Aufenthalt bei einer Partneruniversität, die Möglichkeit geboten, einen Überblick über all diese Gebiete zu gewinnen. In ihrer Forschung werden sie dadurch Möglichkeiten sehen, die ihnen unbekannt blieben, wenn sie ihre Dissertation in der üblichen Weise innerhalb nur einer Forschungsgruppe erstellen würden.

Kontakte und Informationen

Auskünfte sind über die Koordinatorin der Graduiertenkollegs Montag bis Donnerstag 10.00 – 13.00 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 75109
E–mail: `bfelsner@inf.fu-berlin.de`

Sprecher der Graduiertenkollegs: Prof. Dr. Helmut Alt
Tel. (030) 838 75160
E–mail: `alt@inf.fu-berlin.de`

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

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

2 Dozenten der 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
Takustr. 7, 14195 Berlin
Tel.: 84185-210, E-mail: groetschel@zib.de
- Kombinatorische Optimierung

Prof. Dr. Heinz-Adolf Jung
Fachbereich Mathematik, MA 8–1
Technische Universität Berlin
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: 314-25062, 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
Dienstsitz: Rudower Chaussee 5, 12489 Berlin
Tel.: 2093-3188, E-mail: `proemel@informatik.hu-berlin.de`

- Probabilistische Methoden, Graphenalgorithmen

Prof. Dr. Günter Rote
Institut für Informatik
Freie Universität Berlin
Takustr. 9, 14195 Berlin
Tel.: 838-75150, E-mail: `rote@inf.fu-berlin.de`

- Rechnerische Geometrie, Kombinatorische Optimierung

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. Günter M. Ziegler
Fachbereich Mathematik, MA 7–1
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 Dozenten der Partnerinstitutionen

Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich

Prof. Dr. Komei Fukuda (Dept. Mathematik)
Prof. Dr. Markus Gross (Dept. Informatik)
Prof. Dr. Hans-Jakob Lüthi (Dept. Mathematik)
Prof. Dr. Jürg Nievergelt (Dept. Informatik)
Prof. Dr. Dr. Jürgen Richter-Gebert (Dept. Informatik)
Prof. Dr. Emo Welzl (Dept. Informatik)
Prof. Dr. Peter Widmayer (Dept. Informatik)
Prof. Dr. Bernt Schiele (Dept. Informatik)
Prof. Dr. Luc van Gool (Institut für Kommunikationstechnik)
Prof. Dr. Thomas Erlebach (Institut für Technische Informatik und Kommunikationsnetze)

Karls-Universität Prag

Dr. Jiří Matoušek
Prof. Dr. Jaroslav Nešetřil

Eötvös Loránd Universität, Budapest

Prof. Dr. András Frank

Ungarische Akademie der Wissenschaften

Prof. Dr. Ervin Győri

Technische Universität Eindhoven

Prof. Dr. Jan Karel Lenstra

Adam Mickiewicz Universität Poznań

Prof. Dr. Michal Karónski

Universität Oxford

Prof. Colin McDiarmid
Prof. Dominic J.A. Welsh

Katholische Universität Louvain-la-Neuve

Prof. Dr. Michel Goemans
Prof. Dr. Laurence Wolsey

4 Die Mitglieder der Kollegs

“Algorithmische Diskrete Mathematik”

Andreas Fest
Technische Universität Berlin, FB Mathematik, Sekr. MA 6-1
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin;
Tel.: 314-25224, E-mail: `fest@math.tu-berlin.de`

Laura Heinrich-Litan
Freie Universität Berlin, Institut für Informatik
Takustr. 9, 14195 Berlin, Raum 113
Tel.: 838-75163, E-mail: `litan@inf.fu-berlin.de`

Michael Naatz
Technische Universität Berlin, FB Mathematik, Sekr. MA 6-1
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Raum 605,
Tel.: 314-23598, E-mail: `naatz@math.tu-berlin.de`

Martin Thimm
Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Informatik, Unter den Linden 6, 10099 Berlin
(Dienstsitz: Rudower Chaussee 5, 12489 Berlin)
Tel.: 2093-3196, E-mail: `thimm@informatik.hu-berlin.de`

“Combinatorics, Geometry, and Computation”

Ivan Izmestiev
Technische Universität Berlin, FB Mathematik, Sekr. MA 7-1
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Raum MA 707;
Tel.: 314-27610, E-mail: `izmestie@math.tu-berlin.de`

Vanessa Kääb
Technische Universität Berlin, FB Mathematik, Sekr. MA 6-1
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Raum MA 607;
Tel.: 314-25181, E-mail: `kaeaeb@math.tu-berlin.de`

Carsten Lange
Technische Universität Berlin, FB Mathematik, Sekr. MA 7-1
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Raum MA 706;
Tel.: 314-25758, E-mail: `clange@math.tu-berlin.de`

Katharina Langkau
Technische Universität Berlin, FB Mathematik, Sekr. MA 6-1
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Raum MA 613;
Tel.: 314-25735, E-mail: `langkau@math.tu-berlin.de`

Deryk Osthus, Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Informatik, Unter den Linden 6, 10099 Berlin
(Dienstsitz: Rudower Chaussee 5, 12489 Berlin);
Tel.: 2093-3190, E-mail: `osthus@informatik.hu-berlin.de`

Julian Pfeifle
Technische Universität Berlin, FB Mathematik, Sekr. MA 7-1
Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Raum MA 707;
Tel.: 314-27610, E-mail: `pfeifle@math.tu-berlin.de`

Irasema Sarmiento, Dr.
Freie Universität Berlin
Fachbereich Mathematik und Informatik, WE 02
Arnimallee 2-6, 14195 Berlin;
Tel: 838-75389, E-mail: `sarmient@math.fu-berlin.de`

Shi Lingsheng
Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Informatik, Unter den Linden 6, 10099 Berlin
(Dienstsitz: Rudower Chaussee 5, 12489 Berlin, Raum 3.324);
Tel.: 2093-3129, E-mail: `shi@informatik.hu-berlin.de`

Im letzten Semester abgeschlossene Promotionen

Mark de Longueville, 6. Juni 2000
Betreuer: Prof. G. M. Ziegler
Titel der Arbeit: “Cohomology rings of subspace arrangements and the topology of stable Kneser graphs”

Termine

Wintersemester 2000/01

Vorlesungsbeginn:	16.10.2000
Vorlesungsende:	17.02.2001
Vorlesungsfrei:	27.12.1999 - 06.01.2001

Sommersemester 2001

Vorlesungsbeginn:	17.04.2000
Vorlesungsende:	21.07.2000
Vorlesungsfrei:	01.05.2001
	24.05.2001 (Himmelfahrt)
	4.06.2001 (Pfingsten)

ADiMMO - Workshop 2001

Universität Trier

Der 6. gemeinsame Workshop mit den Graduiertenkollegs *“Mathematische Optimierung”* der Universität Trier und *“Angewandte Algorithmische Mathematik”* der TU München findet im voraussichtlich im März 2001 statt. Das genaue Datum lag zu Redaktionsschluss noch nicht vor.

`http://www.inf.fu-berlin.de/gk-cgc/Veranstaltungen/workshops.html`

5 Kollegsvorlesung und –kolloquium

Von Dozenten und Gästen wird jeden Montag im Semester eine Vorlesung gehalten, die eine Einführung in ein Spezialgebiet aus einem Forschungsbereich der Kollegs 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 der Kollegs, Bettina Felsner, auf einen Verteiler für das Verschicken der Ankündigungen setzen lassen.)

Vorlesungs- und Kolloquiumsplan der Kollegs

Termin	*VL 14–16*	*Koll 16–17*	*Ort*
23.10.	Rote, FU	Knauer, FU	FU
30.10.	Ziegler, TU	Hinrichs, Texas	TU
6.11.	Krattenthaler, Wien	Wenk, FU	FU
13.11.	Xu, China	v.d.Holst, FU	FU
20.11.	Müller, Maastricht	Fest, TU	TU
27.11.	Padberg, New York	Wagler, ZIB	ZIB
4.12.	Diestel, Hamburg	Lange, TU	FU
11.12.	Skutella, TU	Osthus, HU	TU
18.12.	Strassen, Konstanz	Hougardy, HU	TU
8.1.	Grötschel, ZIB	Koster, ZIB	ZIB
15.1.	Helmberg, ZIB	Eisenblätter, ZIB	ZIB
22.1.	Bang-Jensen, Odense	Pfeifle, TU	FU
29.1.	Frank, Budapest	Heinrich-Litan, FU	FU
5.2.	Nievergelt, Zürich	Schmidt, New Mexiko	FU

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;

(TU) Technische Universität Berlin, Fachbereich Mathematik,
Str. des 17. Juni 136, Raum MA 042;

(ZIB) Konrad–Zuse–Zentrum Berlin, Takustr. 7, Hörsaal (Raum 2005)

Die Kollegsvorlesungen im einzelnen

Montag, 23. Oktober 2000 [FU]

GÜNTER ROTE, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN

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

Max-plus algebra was established by M. Plus (1990) after having found applications in shortest path computations, scheduling theory, dynamical systems, formal languages, communication complexity and other branches of mathematics. Max-plus algebra is a variation of matrix algebra where max and + replace the usual operations + and ×. Many properties of the +/× algebra over the “usual” ring of reals carry over to max-plus algebra; some of them hold in a modified context. For example, there is an extensive theory of linear equations and eigenvalue s. I will briefly survey some of these results and applications.

Then I will consider in more detail the *rank* of a matrix A, which can be defined as the smallest number of rank-1 matrices whose sum is A. In the context of max-plus algebra, a matrix has rank 1 if it can be written as a *sum matrix* $(a_{ij}) = (u_i + v_j)_{i,j}$, for two vectors u and v. So the max-plus rank of A is the smallest number of sum matrices whose elementwise maximum is A.

Barvinok (1996) showed that, for any fixed k, the (maximum) traveling salesman problem can be approximated in polynomial time if the cost matrix is the negative of a cost matrix with max-plus rank at most k. Barvinok, Johnson, and Woeginger (1998) strengthened this result: They showed that one can even compute the *optimal* longest traveling salesman tour in polynomial time, if k is fixed.

Such cost matrices occur for example as distance matrices for point sets in space under a polyhedral norm, where the unit ball of the norm is a polytope with k facets.

We show that $m \times n$ matrices of max-plus rank 2 can be recognized in essentially linear time $O(mn) + O(m \log m) + O(n \log n)$. This is based on the close relation between these matrices and *Monge* matrices. The rows and columns of every matrix of max-plus rank 2 can be permuted so that the resulting matrix satisfies the Monge property:

$$a_{ij} + a_{i'j'} \leq a_{i'j} + a_{ij'}, \text{ for } i < i' \text{ and } j < j'$$

In particular, we obtain that a matrix has max-plus rank at most 2 if every 3×3 submatrix has max-plus rank at most 2, a property which is shared by the rank in usual linear algebra. However, this property is not satisfied for higher rank: For every k, there is an $N \times N$ matrix of rank $k+1$, whose proper submatrices all have rank less than $k+1$, where $N = \binom{k}{\lfloor k/2 \rfloor}$. Currently we do not know whether testing all $N \times N$ submatrices of *some* fixed size N is sufficient to check if a matrix has rank at most 3, for example. We have no algorithm to recognize these matrices in polynomial time. For characterizing square matrices of full rank, we have some sufficient conditions that are connected with solutions of the assignment problem.

When the rank k is not fixed, computing the max-plus rank is an NP-hard problem. For 0/1-matrices, these problems are related to questions in the area of communication complexity: The logarithm of the max-plus rank is the nondeterministic communication complexity of the matrix.

Montag, 30. Oktober 2000 [TU]
Günter M. Ziegler, Technische Universiät Berlin
Fat Four-Polytopes

The set of all possible f-vectors of 4-dimensional polytopes is not known – not even approximately. The main "gap" in our knowledge (which will be reviewed in this lecture) can be captured two parameters, the "fatness" and the "complexity" of a 4-polytope. Both quantities are given in terms of the flag vector. It is not clear whether the parameters are at all bounded, but we provide constructions and examples of polytopes that are "fatter" and "more complex" than the examples known up to now.

Montag, 6. November 2000 [FU]
Christian Krattenthaler, Universität Wien
Über die Abzählung von Tilings, Plane Partitions, und dergleichen mehr

Ich werde einen Überblick über die Resultate der letzten 10-20 Jahre auf dem Gebiet der Abzählung von Tilings, und im besonderen Plane Partitions, geben. Ich werde die gängi gsten Methoden beschreiben, um solche Probleme zu lösen, wovon eine es ist, die Tilings in nichtüberschneidende Gitterpunktwege zu verwandeln, solcherart eine Determinante oder eine Pfaffsche Form zu erhalten, und schliesslich (oft der schwierigste Schritt) die erhaltene Determinante oder Pfaffsche Form auszurechnen. Schlussendlich werde ich die Sprache auf offene Probleme, etwa auf den mysteriösen Zusammenhang zwischen speziellen Tilingabzählproblemen und dem Problem der Abzählung von alternierenden Vorzeichenmatrizen bringen.

Montag, 13. November 2000 [FU]
Yinfeng Xu, Xi'an Jiaotong University, China
Several Geometric MinMax Problems

In this talk, we mainly discuss three geometric minmax problems as

1. minmax bridge between two seperated convex polygons
2. minmax edge spanning tree of a planar point set
3. minmax path spanning tree of a plannar pont set

Geometric structures and efficient algorithms for the optimal solutions of the problems are discussed and presented. At the end of the talk, some unsolved geometric minmax problems are given.

Montag, 20. November 2000 [TU]
Rudolf Müller, Maastricht University
Combinatorial auction design - algorithms and economics

Multi-item auctions are auctions in which an auctioneer wants to sell a set of indivisible items. They have gained increasing scientific interest in economics, computer science, and recently in combinatorial optimization. This is due to applications in electronic marketplaces, and market-based mechanisms for resource allocation problems in production and transportation. A *combinatorial auction* is a multi-item auction in which bidders can make bids for subsets of items. Combinatorial auctions have superior economic properties if bidders have valuations for subsets of items that differ from the sum of valuations of items in the subset. For example, a customer of an online auction might want to purchase a CD player and an amplifier. Both items complement each other. Participating in separate auctions leaves her with the risk to win only one of the two items, a combinatorial auction can omit this.

The lecture investigates combinatorial auctions from an economic and a combinatorial optimization perspective. It describes the economic properties of the Vickrey-Clarke-Groves mechanism, and the combinatorial optimization problems that have to be solved in order to make this mechanism applicable in practice. It shows how a class of primal-dual algorithms for set packing relates to combinatorial auction design. For the special case of single-item auctions, it is shown that primal-dual algorithms define computationally efficient auctions that fulfill at the same time nice economic properties. The lecture is based on joined work with Andreas S. Schulz.

Montag, 27. November 2000 [ZIB]
MANFRED PADBERG, NEW YORK UNIVERSITY
Schnittebenenverfahren in der gemischt-ganzzahligen Optimierung

Montag, 4. Dezember 2000 [FU]
REINHARD DIESTEL, UNIVERSITÄT HAMBURG
Graphenzerlegungen und Minoren

Die Minorentheorie von Robertson und Seymour beginnt mit der Beschreibung besonders einfach strukturierter Graphen: solcher, die “aus der Ferne etwa wie ein Weg aussehen”. Nicht alle Graphen sind von dieser Art, haben eine Wegzerlegung in kleine Teile. Aber unter denen, die nicht so sind, gibt es minimale: alle Graphen ohne Wegzerlegung in kleine Teile enthalten große binäre Bäume als Minoren (die selbst keine solche Wegzerlegung haben). Als nächste Komplexitätsstufe werden dann Graphen betrachtet, die zwar keine Wegzerlegung aber doch eine Baumzerlegung in kleine Teile haben, also “aus der Ferne etwa wie ein Baum aussehen”. Unter den Graphen, die nicht von dieser Art sind, gibt es wiederum Minoren-minimale: die Gitter. Wie aber geht es weiter? Können wir sinnvoll als nächste Hierarchieschicht Graphen mit “Gitterzerlegungen” in kleine Teile identifizieren? Gibt es dann wieder minimale Graphen “unbeschränkter Gitterweite”, und so weiter? Der Vortrag stellt einen Ansatz vor, wie wir die endlichen Graphen in einer solchen mit der Minorenrelation verträglichen Komplexitäts-Hierarchie ordnen können. Sind die Schichten dieser Hierarchie einmal bestimmt, so lassen sich dann geeignete Probleme - abstrakter oder auch algorithmischer Art - vielleicht dort einordnen oder induktiv lösen, ganz wie es mit den Graphenklassen beschränkter Weg- oder Baumweite bereits geschieht. Dieser Prozeß steht jetzt ganz am Anfang: noch ist die Bestimmung selbst der ersten nicht-trivialen Schichten ein offenes Problem!

Montag, 11. Dezember 2000 [TU]
Martin Skutella, Technische Universität Berlin
Facility location problems, cooperative games, and dependent randomized rounding

The location of facilities in order to provide service for customers is a well-studied problem in the operations research literature. In the basic model, there is a predefined cost for opening a facility and also for connecting a customer to a facility, the goal being to minimize the total cost.

Often, both in the case of public facilities (such as libraries, municipal swimming pools, fire stations, ...) and private facilities (such as distribution centers, switching stations, ...), we may want to find a “fair” allocation of the total cost to the customers — this is known as the cost allocation problem. A central question in cooperative game theory is whether the total cost can be allocated to the customers such that no coalition of customers has any incentive to build their own facility or to ask a competitor to service them.

There are strong connections between fair cost allocations and linear programming relaxations for several natural variants of the facility location problem. In particular, a fair cost allocation exists if and only if there is no integrality gap for a corresponding linear programming relaxation. We discuss a subtle variant of randomized rounding which turns a (fractional) solution to the linear programming relaxation into a feasible solution to the facility location problem. This leads to new and elegant proofs for the existence of fair cost allocations for several classes of instances.

The talk is based on joint work with Michel X. Goemans.

Montag, 18. Dezember 2000 [TU]
Volker Strassen, Universität Konstanz
Entartung linearer und bilinearer Abbildungen

Die Jordansche und die Kroneckersche Normalform sind Spezialfälle der Klassifikation von Darstellungen zahmer Köcher. Ein Resultat von Gerstenhaber über die Entartung quadratischer Matrizen längs Konjugation wurde in jüngerer Zeit von Abeasis-Del Fra, Riedtmann und Bongartz ebenfalls auf Darstellungen von zahmen Köchern verallgemeinert. Motiviert durch die Komplexitätstheorie bilinearer Abbildungen führen wir eine asymptotische Betrachungsweise ein und erhalten ein einfaches und allgemeines Entartungskriterium. Der Vortrag setzt keinerlei Expertenwissen voraus.

Montag, 8. Januar 2001 [ZIB]
MARTIN GRÖTSCHEL, KONRAD-ZUSE-ZENTRUM BERLIN
Semidefinite Relaxierungen in der kombinatorischen Optimierung

Grosse Fallbeispiele schwieriger kombinatorischer Maximierungsprobleme kann man in der Regel nicht optimal lösen. Mit Primalheuristiken bestimmt man daher "gute" zulässige Lösungen und damit untere Schranken für den Wert einer Optimallösung. Zur Berechnung oberer Schranken lässt man einige Nebenbedingungen des Ausgangsproblems unberücksichtigt in der Hoffnung, dadurch ein praktisch einfacher zu lösendes Problem zu erhalten, dessen Optimalwert nicht allzuweit vom "wahren Optimum" abweicht. Auf diese Weise kann man problemspezifische Gütegarantien erzielen. Die Wahl einer geeigneten Relaxierung ist jedoch (immer noch) eine "Kunst".

Ein bewährter Ansatz ist die LP-Relaxierung (Weglassen der Ganzzahligkeitsbedingungen in einem gemischt-ganzzahligen Programm), die jedoch gelegentlich unerwartet schlechte Schranken liefert. Manchmal hilft dann die Methode der "semidefiniten Relaxierung", die in diesem Vortrag vorgestellt werden soll. Der "Trick" dieses Ansatzes besteht darin, das gegebene Problem so umzuformulieren, dass es als ein Optimierungsproblem erscheint, bei dem eine lineare Zielfunktion über der Menge der semidefiniten Matrizen zu optimieren ist, wobei u. U. weitere Nebenbedingungen erfüllt werden müssen.

In dieser Vorlesung wird u.a. auf semidefinite Relaxierungen des Stabile-Mengen-Problems und des Max-Cut-Problems eingegangen. Christoph Helmberg wird in der darauffolgenden Woche erläutern, wie man semidefinite Programme in der Praxis löst. In den begleitenden Kolloquiumsvorträgen von Arie Koster und Andreas Eisenblätter werden verschiedene Modellierungsmög/-lichkeiten für das Frequenzplanungsproblem erläutert und gezeigt, wie man dabei semidefinierte Optimierung einsetzen kann.

Montag, 15. Januar 2001 [ZIB]

CHRISTOPH HELMBERG, KONRAD-ZUSE-ZENTRUM BERLIN

Semidefinite Optimierung

Interpretiert man die zulässigen Mengen der linearen Optimierung als Schnitt eines affinen Unterraums ($Ax = b$) mit dem Kegel der nichtnegativen Vektoren ($x \geq 0$), bietet es sich an, an Stelle des positiven Orthanten auch andere konvexe Kegel zu betrachten. Im Spezialfall des Kegels der symmetrischen positiv semidefiniten Matrizen (x beschreibt das obere Dreieck einer positiv semidefiniten Matrix) spricht man von semidefiniter Optimierung. Die Problemklasse stellt sich als sehr allgemein heraus, sie beinhaltet zum Beispiel lineare und konvex quadratische Optimierung sowie Eigenwertoptimierung für affine Matrixfunktionen. Entsprechend breit gestreut sind die Anwendungen, aber auch die algorithmischen Ansätze zur Lösung semidefiniter Programme. In diesem Vortrag führe ich in die Theorie der Semidefiniten Optimierung ein und gebe einen Überblick über aktuelle Lösungsverfahren.

Montag, 22. Januar 2001 [FU]

JORGEN BANG-JENSEN, UNIVERSITY OF SOUTHERN DENMARK AT ODENSE

Paths and Cycles in Directed Graphs

We survey results on paths and cycles in directed graphs. In particular, we discuss results on hamiltonian paths and cycles in directed graphs. We describe various techniques for proving hamiltonicity of different classes of digraphs such as the path-merging techinique and the multi-insertion technique. We show how to obtain polynomial algorithms for the hamiltonian cycle problem for quasi-transitive digraphs by using the fact that these graphs have a nice recursive structure. This solution also involves finding a minimum path-cover in a quasi-transitive graph.

Bipartite tournaments are equivalent to 2-edge-coloured complete bipartite graphs. We show briefly how to use this relationship to obtain results on alternating hamiltonian cycles in 2-edge-coloured complete graphs from results on hamiltonian cycles in bipartite tournaments and vice versa.

We will also pose a number of open problems and conjectures on directed graphs.

Much more information about directed graphs in general and paths and cycle in particular can be found in the book "Digraphs: Theory, Algorithms and Applications", Bang-Jensen and Gutin, Springer Monographs in Mathematics.

Montag, 29. Januar 2001 [FU]

András Frank, Eötvös Loránd University Budapest

Edge-connection of graphs and hypergraphs

We introduce a unified treatment of several edge-connection concepts of graphs and show how connectivity orientation and connectivity augmentation results can be extended. It will also presented how classical connectivity results, such as Edmonds' disjoint arborescence theorem or Nash-Williams' orientation theorem, can be generalized for hypergraphs. Here are three concrete corollaries: 1. A 2-edge-connected graph always has a strongly-connected orientation in which every node, but possibly one, has odd indegree. 2. Suppose that a bipartite graph G with bipartition S, T has the property that there are $3k$ edge-disjoint paths between every two elements of S. Then there are k edge-disjoint trees so that each contains every element of S. 3. A graph G has the property that after leaving out any of its edges the remaining graph contains 2 edge-disjoint spanning trees if and only if G can be obtained from an initial graph consisting of three parallel edges connecting two nodes by the following operations (i) add a new edge, (ii) subdivide an existing edge with a new node v and connect v to an existing node.

Montag, 5. Februar 2001 [FU]

Jürg Nievergelt, ETH Zürich

Exhaustive search, combinatorial optimization and enumeration: Exploring the potential of raw computing power

For half a century since computers came into existence, the goal of finding elegant and efficient algorithms to solve "simple" (well-defined and well-structured) problems has dominated algorithm design. Over the same time period, both processing and storage capacity of computers have increased by roughly a factor of a million. The next few decades may well give us a similar rate of growth in raw computing power, due to various factors such as continuing miniaturization, parallel and distributed computing. If a quantitative change of orders of magnitude leads to qualitative advances, where will the latter take place? Only empirical research can answer this question.

Asymptotic complexity theory has emerged as a surprisingly effective tool for predicting run times of polynomial-time algorithms. For NP-hard problems, on the other hand, it yields overly pessimistic bounds. It asserts the non-existence of algorithms that are efficient across an entire problem class, but ignores the fact that many instances, perhaps including those of interest, can be solved efficiently. For such cases we need a complexity measure that applies to problem instances, rather than to over-sized problem classes.

Combinatorial optimization and enumeration problems are modeled by state spaces that usually lack any regular structure. Exhaustive search is often the only way to handle such combinatorial chaos". Several general purpose search algorithms are used under different circumstances. We describe reverse search and illustrate this technique on a case study of enumerative optimization: enumerating the k shortest Euclidean spanning trees.

Block–Courses at Zurich

Randomized Algorithms / Combinatorial Geometry

23. Oktober – 24. November 2000

Organizer: Emo Welzl / Komei Fukuda, Jürgen Richter-Gebert

Advanced Topics in Vision and Graphics / Approximation: Theory and Algorithms

8. Januar – 9. Februar 2001

Organizer: Luc van Gool, Marcus Gross, Bernt Schiele, Gabor Szekeley / Johannes Blömer, Maurice Cochand, Bernd Gärtner, Peter Widmayer

Location: ETH Zürich

http://www.inf.ethz.ch/cgc

Die Kolloquiumsvorträge im einzelnen

Montag, 23. Oktober 2000 [FU]
CHRISTIAN KNAUER, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN
Matching polygonal curves with respect to the Fréchet distance

The task of matching two two-dimensional shapes arises naturally in man applications, e.g. in computer graphics, computer vision and computer aided design. In this talk I will present the first algorithm for matching two *polygonal curves* f and g under *translations* with respect to the *Fréchet distance*. As a popular illustration of the Fréchet distance suppose a man is walking his dog, he is walking on the one curve the dog on the other. Both are allowed to control their speed but are not allowed to go backwards. The Fréchet distance of the curves is the minimal length of a leash that is necessary. If f and g consist of m and n segments, respectively, the algorithm has running time $O((mn)^3(m+n)^2 log(m+n))$. This result is joint work with Helmut Alt and Carola Wenk.

Montag, 30. Oktober 2000 [TU]
AICKE HINRICHS, TEXAS A&M UNIVERSITY COLLEGE STATION
Borsuks Vermutung und sphärische Codes

Die Borsuksche Vermutung fragt danach, ob man jede beschränkte Menge in $\mathbf{R}^d$ von positivem Durchmesser in höchstens $d+1$ Teile kleineren Durchmessers zerlegen kann. Bisher ist diese Vermutung nur für $d \leq 3$ bestätigt worden. Für große d gaben Kahn und Kalai 1993 ein Gegenbeispiel an. In diesem Vortrag fassen wir zusammen, was gegenwärtig über Gegenbeispiele für nicht ganz so großes d bekannt ist. Insbesondere konstruieren wir eine endliche Menge in $\mathbf{R}^{323}$, die sich nicht in 561 Teile kleineren Durchmessers zerlegen läßt, der derzeitige Rekord.

Montag, 6. November 2000 [FU]
CAROLA WENK, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN
Approximate matching of polygonal curves with respect to the Fréchet distance

In many applications arises the task of comparing two different geometric shapes. We consider the special case of comparing two planar polygonal curves, whereby we take the Fréchet distance as a distance measure, and we allow to translate one curve as close as possible to the other curve. Since an exact computation of an optimal translation is very time consuming we present approximate solutions, based on reference points. Furthermore we show an interesting connection between the Hausdorff and the Fréchet distance for a special class of curves.

Montag, 13. November 2000 [FU]

Hein van der Holst, Freie Universität Berlin

High-dimensional flatness and knots in graphs

Motivated by the Colin de Verdière invariant $\mu(G)$ we discuss two classes of graphs. The first class of graphs is defined as follows. If G is a graph, let $\mathcal{C}_2(G)$ denote the complex obtained from G by attaching to each circuit of G a disc. We say that a graph is 4-flat if $\mathcal{C}_2(G)$ can be embedded in 4-space. The suspension of a flat graph is a graph which is 4-flat. The graphs that are obtained from K_7 and $K_{3,3,1,1}$ by $Y\Delta$- and ΔY-transformations are example of graphs which are not 4-flat. We conjecture that the 4-flat graphs are exactly those graphs with $\mu(G) \leq 5$.

The second class is formed by those graphs which can be embedded in 3-space such that no circuit is a nontrivial knot. Since this class is closed under taking minors, one problem is to find graphs for which such an embedding is not possible. Can we find a certificate which shows that such an embedding is not possible (but not necessary the other way around)? Generalizing work of Conway and Gordan, who showed how to find a certificate for certain graphs in the case when one deals with the Arf invariant, we show how to find a certificate in the case of a Vassiliev invariant. (Some parts are joint work with R. Pendavingh.)

Montag, 20. November 2000 [TU]

Andreas Fest, Technische Universität Berlin

Schedules mit maximaler Paralletät

Wir betrachten das ressourcenbeschränkte Projektscheduling-Problem. Dabei soll eine Menge von Jobs unter Berücksichtigung von Reihefolgebeziehungen und Ressourcenbeschränkungen eingeplant werden, so dass eine gegebene Zielfunktion optimiert wird. Es wird ein IP untersucht, mit dem partielle Ordnungen auf der Menge der Jobs beschrieben werden. Ziel ist es, solche partiellen Ordnungen zu finden, die in einer gewissen Weise zu Schedules mit maximaler Parallelität führen. Hierbei interessiert vor allem, wie gut die Lösungen des IP's und seiner LP-Relaxierung bezüglich der im Projektscheduling üblichen Zielfunktion der Projektdauerminimierung (Makespanminimierung) sind. Darüber hinaus soll auch geklärt werden, ob die verwendete IP-Formulierung zur Optimierung anderer Zielfunktionen geeignet ist. Ein vielversprechender Kandidat ist hierbei das ressourcenbeschränkte Projektplanungsproblem bei reihenfolgeabhängigen Setup-Kosten.

Montag, 27. November 2000 [ZIB]
Annegret Wagler, Konrad-Zuse-Zentrum Berlin
Rang-perfekte und schwach rang-perfekte Graphen

Wir führen ein Maß für die Imperfektheit eines Graphen ein, gegeben durch zwei Superklassen perfekter Graphen: rang-perfekte und schwach rang-perfekte Graphen. Dazu relaxieren wir den Perfektheitsbegriff bezüglich der polyedertheoretischen Charakterisierung perfekter Graphen über eine Beschreibung des Stabile-Mengen-Polytops. Das Stabile-Mengen-Polytop STAB(G) ist definiert als konvexe Hülle der Inzidenzvektoren aller stabilen Mengen von G. Das Polytop besitzt eine weitere Darstellung als Durchschnitt endlich vieler Halbräume, das entsprechende System von Facetten ist jedoch für die meisten Graphen unbekannt.

Cliquebedingungen $x(Q) \leq 1$ mit $Q \subseteq G$ Clique sind für alle Graphen G gültig und liefern nach Padberg (1973) Facetten von STAB(G), falls Q inklusions-maximale Clique ist. Perfekte Graphen sind dadurch charakterisiert, dass Nichtnegativitäts- und Cliquebedingungen die einzigen Facetten des Stabile-Mengen-Polytops sind. Nach Grötschel, Lovász, und Schrijver (1988) ist ein Weg, den Perfektheitsbegriff zu relaxieren, Cliquebedingungen durch andere Ungleichungsklassen zu verallgemeinern und Graphen zu betrachten, deren Stabile-Mengen-Polytop durch Nichtnegativitätsbedingungen und diese Ungleichungen gegeben ist.

Eine natürliche Verallgemeinerung von Cliquebedingungen sind sog. Rangbedingungen $x(G') \leq \alpha(G')$ assoziiert mit Untergraphen G' von G ($\alpha(G')$ bezeichnet die Kardinalität einer größten stabilen Menge von G'). Rangbedingungen sind offensichtlich gültig und liefern für $G' = G$ nach Padberg (1974) in einigen Fällen Facetten von STAB(G). Im Falle $G' \subset G$ können für diese Rangbedingungen durch Padbergs Liftingmethode für die Knoten in $G - G'$ geeignete Koeffizienten bestimmt werden, so dass die gelifteten Rangbedingungen Facetten von STAB(G) ergeben.

Wir definieren zwei Superklassen perfekter Graphen und nennen Graphen rang-perfekt, falls ihr Stabile-Mengen-Polytop durch Nichtnegativitäts- und Rangbedingungen beschrieben ist, und schwach rang-perfekt, falls dies für Nichtnegativitäts- und geliftete Rangbedingungen gilt. Wir geben einige bereits in der Literatur bekannte Beispiele für rang-perfekte und schwach rang-perfekte Graphen an und untersuchen für weitere Graphen, ob diese zu einer der beiden Klassen gehören.

Montag, 4. Dezember 2000 [FU]
Carsten Lange, Technische Universität Berlin
Combinatorial Curvature of CW-Complexes

There have been many attempts to define combinatorial curvatures over the last decades. Normally the framework is an embedded PL-manifold or an explicit triangulation of an embedded smooth manifold, so angles and distances can be measured via the ambient space. Contrary to these approaches, Robin Forman proposed a purely combinatorial definition of a term he calls *curvature* which relies on data encoded in the incidences of the cells only. He justifies the name by analogies from differential geometry.

In this talk, I shall be able to derive a combinatorial Weitzenböck formula by methods analogous to those employed in Riemannian geometry. This formula was the starting point and key definition of Robin Forman. His results will also be surveyed.

Montag, 11. Dezember 2000 [TU]
Deryk Osthus, Humboldt-Universität zu Berlin
Large Subgraphs with high density and high girth

It is well known that there exist graphs which have arbitrarily high average degree and arbitrarily high girth (where the girth of a graph is defined to be the length of its shortest cycle). In other words, such graphs are globally dense and locally sparse. In 1983, Thomassen conjectured that such graphs are in fact contained in any graph of sufficiently high average degree:

Conjecture (Thomassen) *For all integers k, g there exists an integer $f(k, g)$ such that every graph of average degree at least $f(k, g)$ contains a subgraph of average degree at least k and girth at least g.*

The conjecture is trivially true for $g = 4$. Recently, Daniela Kühn and I proved the case when $g \leq 6$, i.e. we obtain dense subgraphs whose girth is at least six. In my talk, I would like to discuss the conjecture and describe our proof of the $g \leq 6$ case.

Montag, 18. Dezember 2000 [TU]
STEFAN HOUGARDY, HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN
Approximation Algorithms for the Steiner Tree Problem

The Steiner tree problem asks for a shortest network connecting a given subset of the vertices of a graph. This problem is known to be APX-complete, i.e., we do not expect to have polynomial time approximation schemes as it is the case for the euclidean Steiner tree problem. The gap between upper and lower bounds for the best approximation ratio for the Steiner tree problem is currently still quite large. We present some recent results on narrowing this gap.

Montag, 8. Januar 2001 [ZIB]
ARIE KOSTER, KONRAD-ZUSE-ZENTRUM BERLIN
Graph Coloring and Frequency Assignment

Frequency Assignment Problems have been investigated by many researchers. Depending on the application and the goal of the researchers, a wide variety of models and solution techniques have been proposed. In this talk we give an overview of the main developments in recent years. We start our discussion with the basic properties of frequency assignment, and an overview of the areas of application. Next, the well known graph coloring problem is discussed, which can be viewed as a special case of frequency assignment. As early as the 1970s, the practical settings of frequency assignment problems inspired researchers to introduce several generalizations like T-coloring and list-coloring. In recent years, more and more application specific properties of frequency assignment have been incorporated in the mathematical models. Nowadays, the approaches can be classified by their objective. We distinguish Minimum Order Frequency Assignent, Minimum Span Frequency Assignment, Minimum Blocking Frequency Assignment, and Minimum Interference Frequency Assignment. The talk is concluded with an overview of the applied optimization techniques for each of these problem classes.

Montag, 15. Januar 2001 [ZIB]

Andreas Eisenblätter, Konrad-Zuse-Zentrum Berlin

k-Partitionierung: semidefinite Schranken für ein Frequenzplanungsproblem

In der Literatur werden zahlreiche Versionen von Frequenzplanungsproblemen studiert. Bei GSM Mobilfunknetzen besteht das Ziel der Frequenzplanung häufig in der Minimierung der Gesamtinterferenz. Mathematisch läßt sich dieses Problem wie folgt fassen:

Gegeben sind ein ungerichteter Graph (V, E), ein (endliches) Intervall C in den natürlichen Zahlen, für jeden Knoten $v \in V$ eine (möglicherweise leere) Teilmenge B_v von C, sowie drei Kantenbeschriftungen $d\colon E \to \{0, \dots, 4\}$, $c^{co}\colon E \to [0, 2]$ und $c^{ad}\colon E \to [0, 2]$. Die Knoten des Graphen repräsentieren die stationären Sendestationen, C das zur Verfügung stehende Spektrum, die Mengen B_v lokale Frequenzverbote, d die notwendigen „Separationsabstände“, und schließlich c^{co} sowie c^{ad} gegebenenfalls auftretende Gleich- bzw. Nachbarkanalinterferenz.

Eine (Frequenz-)Zuweisung $y\colon V \to C$ heißt zulässig falls $y(v) \notin B_v$ für alle $v \in V$ und $|y(v) - y(w)| \geq d(vw)$ für alle $vw \in E$ gilt. Das Ziel der Planung besteht im Auffinden einer zulässigen Zuweisung y, welche die Gesamtinterferenz

$$\sum_{\substack{vw \in E:\\ y(v)=y(w)}} c^{co}(vw) + \sum_{\substack{vw \in E:\\ |y(v)-y(w)|=1}} c^{ad}(vw)$$

minimiert.

Mehrere ILP Formulierungen dieses Problems sind bekannt. Doch konnte bisher keine davon erfolgreich zur Herleitung unterer Schranken für die Gesamtinterferenz bei praxisrelevanten Daten eingesetzt werden.

In diesem Vortrag wird das genannte Frequenzzuweisungsproblem vereinfacht zu einem k-Partitionierungsproblem auf Graphen. Dies geschieht durch das Vernachlässigen der lokalen Frequenzverbote ($B_v = \emptyset$ fr alle $v \in V$), das Reduzieren der Separationsgebote in d auf höchstens 1 und das Vernachlässigen der Nachbarkanalinterferenz ($c^{ad} = 0$).

Aus dem vereinfachten Problem läßt sich eine semidefinite Relaxierung herleiten. Die numerische Lösung dieser Relaxierung liefert untere Schranken für die Gesamtinterferenz des Ausgangsproblems. Die auf diese Weise erhaltenen Schranken übertreffen alle bisherigen Resultate deutlich.

Montag, 22. Januar 2001 [FU]
Julian Pfeifle, Technische Universität Berlin
Centrally symmetric neighborly fans with $2d + 4$ rays do not exist

A d-polytope P with n vertices is *neighborly* if every subset of $\lfloor d/2 \rfloor$ vertices forms a face of P. While there exist superexponentially many neighborly polytopes, it has been known since 1967 that the situation is different for an analogous concept of *centrally symmetric* neighborly polytopes: There is no such 4-polytope with 12 or more vertices, and this also settles the question for higher dimensions. For *combinatorial spheres*, however, the situation is different: There exist centrally symmetric, neighborly 3-spheres with $2n$ vertices for all $n \geq 4$ (and in particular for $n = 6$).

This talk will focus on the intermediate case of centrally symmetric, neighborly d-dimensional *fans*. Using a variant of Gale transforms, I will show that no such object with $2d+4$ generating rays exists, and discuss related issues as time permits.

Montag, 29. Januar 2001 [FU]
Laura Heinrich-Litan, Freie Universität Berlin
Nächste Nachbar Suche in Hohen Dimensionen

Das Nächste Nachbar Problem besteht darin, effiziente Datenstrukturen und Algorithmen zu entwickeln, die zu einer festen Menge $P \subset \mathbb{R}^d$ von n Punkten und einem beliebigen, spezifizierten Anfragepunkt $q \in \mathbb{R}^d$, den oder die nächsten Nachbarn aus P zu q finden. Der Abstand wird meist in einer der Minkowski-Metriken definiert. In zahlreichen Anwendungen, in denen das Problem auftritt, wie zum Beispiel bei Ähnlichkeitsanfragen in multimedialen Datenbanken oder bei der Bild- und Mustererkennung, ist die Dimension d des Suchraumes sehr groß, sie liegt oft in der Größenordnung von Hunderten bis Tausenden. Die bis jetzt bekannten Algorithmen für exakte Nächste Nachbar Suche benötigen für Minkowski-Metriken entweder einen in d exponentiellen Speicherplatz oder eine in n fast lineare Suchzeit.

In dem Vortrag werde ich neue eigene Resultate präsentieren: es werden Methoden vorgestellt, deren Analyse Tradeoffs zwischen Suchzeit und Speicherplatz liefern, und externe Algorithmen für das Problem untersucht.

Montag, 5. Februar 2001 [FU]

Stefan E. Schmidt, New Mexico State University

Block Space-Time Codes in Wireless Communication

We construct and analyse block space-time codes with low decoding complexity. For a given number of transmit antennas, the codes have maximum diversity and good coding gain. Tradeoffs between information rate, diversity, delay and decoder complexity are also presented. These are the best known results to date and are applicable for arbitrary signal constellations in the complex plane. We point out the impact of the subject in wireless communcation.

The mathematical side of our work involves orthogonal designs and matrix representations of algebraic structures like the quaternions, octonions, and Clifford algebras.

The talk is based on a current research project together with Paul E. Wright, which we began almost two years ago at the Shannon Laboratory of AT&T.

Block–Course in Berlin

Connectivity Problems of Networks: Structures and Algorithms

1. – 12. April 2001

ORGANIZER: Prof. András Frank, Eötvös Loránd University Budapest

CONTENTS: By a connectivity problem of networks we mean one concerning paths, flows, circuits, trees, cuts, arborescences, etc. Although a great majority of problems in the area is NP-complete there are several fundamental problems which are tractable. Maximum flows or shortest paths are two well-known basic examples of such problems.
We will concentrate on topics which cannot be handled by classical network flow techniques and need new approaches. Examples are: disjoint arborescences, edge-disjoint paths in planar graphs, Nash-Williams' orientation result, splitting theorems, the Nagamochi-Ibaraki algorithm, optimal connectivity augmentation, connectivity orientation problems.
Our goal is to provide a comprehensive map of tractable problems of the area and to explain basic methods and approaches. Special emphasis will be put on exploring the background and on algorithmic aspects.
During the morning sessions the theoretical material will be exhibited and discussed, while in the afternoon ëxercise" sessions challenging exercises and problems will provide participants an opportunity to test and improve their problem-solving ability in order to obtain sufficient familiarity with the theory.

PREREQUISITES: Basic knowledge in graph theory, matroid theory, and linear programming.

LOCATION: Freie Universität Berlin, Institut für Informatik, Takustraße 9, 14195 Berlin-Dahlem

---

`http://www.inf.fu-berlin.de/gk-cgc/Veranstaltungen/blockkurse.html`

6 Lehrveranstaltungen im Winter 2000/2001

6.1 Freie Universität Berlin

Codierungstheorie [Vorlesung]

Dozent: Aigner; Vorlesungszeit: Di 14-16 Uhr, 2-stündig;
Veranstaltungsort: Arnimallee 3, SR 119.

INHALT: Wir besprechen die grundlegenden Begriffe der Informations- und Codierungstheorie:

1. Was ist Information?
2. Wie übertrage ich Nachrichten effizient, verläßlich und geheim?

Literatur: D. Welsh: Soding and Cryptography, weitere Literatur in der Vorlesung.

Auswählen und Entscheiden [Vorlesung]

Dozent: Braß; Vorlesungszeit: Di 16-18 Uhr, 2-stündig;
Veranstaltungsort: Takustraße 9.

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

Entwurf und Analyse von Algorithmen [Vorlesung]

Dozent: Rote; Vorlesungszeit: Mo, Do 10-12 Uhr, 3-stündig;
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 005 (ab 19.10.).
Übungen: Termine werden vereinbart, 2-stündig;

INHALT: Der Entwurf von Algorithmen bildet einen Kernbereich der Informatik. Diese Vorlesung ist eine einführende Veranstaltung zur Algorithmik und Grundlage für die meisten anderen Veranstaltungen in der Theoretischen Informatik. Inhalt ist der Entwurf und die Analyse von Algorithmen und Datenstrukturen für viele grundlegende Probleme wie Suchen, Sortieren, Graphenprobleme, Arithmetik, geometrische Probleme usw.

Literatur: Cormen/Leiserson/Rivest: Introduction to Algorithms, MIT Press, 1990.

Diplomanden- und Doktorandenseminar [Seminar]

Dozent: Alt, Braß, Felsner, Kriegel, Rote; Veranstaltungszeit: Di, Do, Fr 12-13 Uhr, (ab 17.10.)
Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.

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

Ausgewählte Kapitel der Bioinformatik [Seminar]

Dozent: Felsner, Kriegel; Veranstaltungszeit: nach Vereinbarung;
Veranstaltungsort: Takustraße 9.

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

Algorithmische Optimierung bei der Deutschen Bahn [Seminar]

Dozent: Wagner, Hoffmann Veranstaltungszeit: Vorbesprechung Mo, 23.10.00, 16 Uhr
Veranstaltungsort: Takustraße 9, Raum 037.

Inhalt: Die Bahn ist eine Fundgrube für schwierige diskrete Optimierungsprobleme von enormer Größe. Die Fahrplankonstruktion, die Linennetzoptimierung, die Sitzplatzreservierung und die Infrastruktur (Transrapid?, Neubaustrecke?) sind nur Beispiele für einen Fundus von, mathematisch gesprochen, wunderschönen Problemen, die zu einem großen Teil bisher nur teilautomatisch gelöst werden.
In diesem Seminar wollen wir an eineigen Problemen von der Modelierung über die Datenbeschaffung bis zur Diskussion der theoretischen algorithmischen Literatur eine möglichst praxistaugliche (Software-)lösung vorbereiten und eventuell prototypisch implementieren und experimentell auswerten.

Praktikum Algorithmische Softwarebibliotheken [Praktikum]

Dozent: Alt, Knauer; Veranstaltungszeit: nach Vereinbarung
Veranstaltungsort: Takustraße 9.

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

Literatur: Mehlhorn K, Näher S, LEDA, Cambridge University Pess, 1999 .

Praktikum Effiziente Algorithmen - Computergraphik [Praktikum]

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

Inhalt: In Arbeitsgruppen sollen aus einfachen geometrischen Objekten (wie Polyedern und Rotationskörpern) aufgebaute dreidimensionale Szenen photorealistisch dargestellt werden. Wir werden Raytracing in Verbindung mit verschiedenen Schattierungstechniken wie Phong- oder Goraudshading, sowie Radiosity-Verfahren zur realistischen Wiedergabe von Beleuchtungsverhältnissen einsetzen. Durch das Zusammensetzen einzelner Bilder sollen kleine Filme” erzeugt werden. Wahlweise können die Projekte durch nichtklassische Darstellungverfahren, verfälschte Perspektive, Weitwinkeoptik, Morphing usw. ergänzt werden.

6.2 Humboldt–Universität zu Berlin

Graphen und Algorithmen [Vorlesung]

Dozent: Hougardy; Vorlesungszeit: Mo 11-13 Uhr, Mi 11-13 Uhr, 4-stündig;
Vorlesungsort: Rudower Chaussee 25, Raum 3.101
Übungen: Hougardy, Mi 13-15 Uhr, 2-stündig; Ort: wie VL.
Praktikum: Hougardy, n.V.

Inhalt: Viele Probleme in der Informatik lassen sich mittels Graphen modellieren. Die Kenntnis effizienter Algorithmen zur Lösung von Optimierungsproblemen auf Graphen ist daher von großer Bedeutung. In dieser Vorlesung werden wichtige Algorithmen auf Graphen behandelt, wie z.B. für Wege, Bäume, Kreise, Flüsse, Matching, Zusammenhang, Färbbarkeit und Partitionierung.

Probabilistische Methoden in der Informatik [Vorlesung]

Dozent: Taraz; Vorlesungszeit: Di 11-13 Uhr, Do 13-15 Uhr, 4-stündig;
Vorlesungsort: Rudower Chaussee 25, Raum 3.101

Inhalt: Die Nutzung des Zufalls hat sich in vielen Bereichen der Informatik als ein unersätzliches Werkzeug erwiesen. Die folgenden Themen sind eindrucksvolle Beispiele dafür und stehen im Mittelpunkt dieser Vorlesung: Randomisierte Algorithmen, Average-Case Analyse von Algorithmen, Quasizufällige Strukturen, sowie Algorithmische Lerntheorie.

Kombinatorische Optimierung [Vorlesung]

Dozent: Proksch; Vorlesungszeit: Mo 13-15 Uhr, 2-stündig;
Vorlesungsort: Rudower Chaussee 25, Raum 4.110

Inhalt: Diese VL ist der erste Teil eines Halbkurses. Es werden lokal Suchverfahren wie Simulated Annealing und Tabu-Search untersucht und ihre Umsetzung in die Praxis anhand konkreter Anwendungen behandelt. Der zweite Teil folgt im Sommersemester und widmet sich linearen Optimierungsproblemen und deren Lösungsverfahren wie Simplexalgorithmus oder Ellipsoidmethode.

Kryptologie von A bis Z [Vorlesung]

Dozent: Giessmann; Vorlesungszeit: Di 16-18 Uhr, 2-stündig;
Vorlesungsort: Dorotheenstraße 24, Raum 311.

INHALT: In 26 Vorlesungen werden aufbauend auf der VL von Herrn Prof. Köblerim Sommersemester 2000 ergänzende Kapitel der Kryptologie behandelt. So wird unter “A“ der DES-Nachfolger AES vorgestellt und unter “Z“ ein Zertifikat eines Trust-Centers beschrieben. Weitere Beispiele: Authensierung und Authentifizierung - Biometrische Verfahren - Chipkarten-Sicherheit - DSA - Elliptische Kurven - FIPS-140 - GSM-Sicherheit - Hash-Funktionen - Identifikation von Personen - Jacobi-Koordinaten - Kerberos - Linux-Sicherheitsprogramme - MD5 - Null-Wissen-Beweise - Orange Book - PGP - Quantenkryptographie - RSA-Implementierung - Sicherheitsgnaturen - Trust-Center - Unterschriften - Viren - Wasserzeichen - X.509-Standard - Yao’s Millionär-Problem - Zertifizierungsinfrastruktur

Randomisierte Algorithmen für Routing und Hashing Probleme [Seminar]

Dozent: Taraz; Veranstaltungszeit: Do 15-17 Uhr, 2-stündig;
Veranstaltungsort: Rudower Chaussee 25, Raum 3.101

INHALT: Randomisierte Algorithmen haben gegenüber deterministischen Verfahren häufig den Vorteil, dass sie schneller oder einfacher sind; und manchmal sogar beides. Ziel dieses Seminars ist es, den Entwurf und die Analyse von randomisierten Verfahren am Beispiel von Routing und Hashing Problemen zu studieren.

6.3 Technische Universität Berlin

Ausgewählte Kapitel der Graphentheorie [Vorlesung]

Dozent: Jung; Vorlesungszeit: Mi 10-12 Uhr, Fr 10-12 Uhr, 4-stündig;
Veranstaltungsort: Mathematikgebäude TU Berlin, MA 741 .
Übungen: 2-stündig;

INHALT: Algebraische Aspekte, Unendliche Graphen

Komplexitätstheorie und Approximation (2) [Vorlesung]

Dozent: Skutella; Vorlesungszeit: Do 10-12 Uhr, 2-stündig;
Veranstaltungsort: Mathematikgebäude TU Berlin, MA 741.
Vorbesprechung am Donnerstag, den 19. Oktober, um 10:15 Uhr

Inhalt: Die Schwierigkeit eines Optimierungs- oder Entscheidungsproblems wird in der Regel daran gemessen, wie gut bzw. schnell es algorithmisch gelöst werden kann. Diese Intuition wird in der Komplexitätstheorie aufgegriffen und formalisiert. Das ermöglicht insbesondere eine Zuordnung der betrachteten Probleme zu verschiedenen Komplexitätsklassen, so dass dann sowohl positive wie auch negative Aussagen bezüglich ihrer effizienten Lösbarkeit getroffen werden können. Anhand von anschaulichen Beispielen (hauptsächlich aus der Kombinatorischen Optimierung) wird eine Einführung in dieses Gebiet gegeben. Neben klassischen komplexitätstheoretischen Konzepten und Fragestellungen beschäftigen wir uns auch damit, wie gut ein als schwer erkanntes Optimierungsproblem in vertretbarer Zeit approximativ gelöst werden kann.

Literatur: Computers and Intractability" von Michael Garey und David Johnson (Freeman, 1979) Computational Complexity" von Christos Papadimitriou (Addison-Wesley, 1994) Complexity and Approximation" von Giorgio Ausiello et al. (Springer, 1999) Äpproximation Algorithms for NP-hard Problems" von Dorit Hochbaum (PWS, 1995).

Algorithmische Geometrie (Kombinatitorische Geometrie II)

[Vorlesung]

Dozent: Ziegler; Vorlesungszeit: Mi+Do 10-12 Uhr, 4-stündig;

Veranstaltungsort: Mathematikgebäude TU Berlin, MA 042 bzw. 041.
Übungen: Di 14-16 Uhr, 2-stündig;

Inhalt: Grundlegende Probleme und Verfahren der Algorithmischen Geometrie. Das Gebiet der Algorithmischen Geometrie (Computational Geometry") hat sich in den letzten 15 Jahren rasant entwickelt. In diesem Gebiet geht es darum, die grundlegenden Objekte der diskreten Geometrie (Punktkonfigurationen, Arrangements von Geraden und Ebenen, Triangulierungen und Unterteilungen, Voronoi-Diagramme etc.) zu verstehen und fundamentale Algorithmen fr Ihre Untersuchung und Verwendung zu entwickeln, und auf ihre "Brauchbarkeit" hin zu untersuchen und zu optimieren. Dabei stehen nicht nur theoretische Komplexitätsbetrachtungen im Vordergrund, sondern auch das Bestreben, die Grundalgorithmen für die Anwendung auf (typischerweise) riesige Datensalate in der Praxis fit” zu machen. Wir werden dabei Anwendungen aus den Bereichen der Computer-Graphik und Bild-Verarbeitung, Robotik, CAD/CAM, geographische Informationssysteme, und der kombinatorischen Optimierung im Auge behalten.

Topological Combinatorics [Vorlesung]

Dozent: Ziegler; Vorlesungszeit: Di 10-12 Uhr, 2-stündig;
Veranstaltungsort: Mathematikgebäude TU Berlin, MA 742.

INHALT: Es gibt Situationen im mathematischen Leben, in denen man gar nicht vermutet, 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 will, 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 werde 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. Dieudonn)

Literatur: Als Einführung sei genannt: Anders Björner: Combinatorics and topology, Notices Amer. Math. Soc. 32 (1985), 339-345.

Bemerkungen: IN ENGLISH!

Kombinatorische Optimierung und Scheduling (2) [Seminar]

Dozent: Möhring; Veranstaltungszeit: Blocktermin gemäß Vorbesprechung (siehe Aushang);
Veranstaltungsort: Mathematikgebäude TU Berlin

Inhalt: Behandelt werden aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen aus den Gebieten Kombinatorische Optimierung und insbesondere Scheduling. Das Spektrum der Themen reicht dabei von theoretischen Resultaten bis hin zu praxisbezogenen Arbeiten, die Anwendungen in verschiedenen Bereichen, wie beispielsweise Projektplanung, Telekommunikation, Verkehr und Transport, haben.

Literatur: Zeitschriftenartikel und Auszüge aus Büchern (werden in der Vorbesprechung verteilt).

7 Semesterberichte der Stipendiaten vom Sommersemester 2000

Andreas Fest

Betreuer:	Prof. Dr. Rolf H. Möhring
Arbeitsbereich:	Project-Scheduling
Thema:	Intervallordnungen und Project-Scheduling
Stipendiat	im Graduiertenkolleg "ADM" seit April 1999

Arbeitsbericht

Im vergangenen Semester habe ich das Gebiet des Intervallordnungspolytops ein wenig verlassen, um einige Ideen, die in der vergangenen Zeit entstanden sind, zu implementieren und experimentell zu untersuchen. Darüber hinaus habe ich unseren Branch & Bound-Algorithmus zur ressourcenbeschränkten Projektplanung unter Zeitfensterbedingungen [2] weiterentwickelt und so die bisherigen Rechenergebnisse entscheidend verbessern können.

IP-Formulierung und Schedules maximaler Parallelität

In den letzten beiden Semesterberichten habe ich eine IP-Formulierung des ressourcenbeschränkten Project-Scheduling Problems in linear ordering-Variablen δ_{ij} diskutiert, die sowohl Ungleichungen zur Beschreibung des Intervallordnungspolytops (siehe [4, 5]) als auch zur Beschreibung Ressourcenbeschränkungen in Form von verbotenen Mengen enthält. Diese IP-Formulierung verwendet als Zielfunktion die gewichtete Summe der δ_{ij}, also $\sum w_{ij}\delta_{ij}$, wobei die Gewichte w_{ij} geeignet gewählt werden können. Wie ich in meinem Vortrag im Graduiertenkolleg Anfang diesen Jahres dargestellt habe, kann mit dieser Zielfunktion in einem gewissen Sinne die "Parallelität in Schedules" maximiert werden.

In der praktischen Anwendung hat diese Formulierung jedoch einige Schwierigkeiten, vorallem bei größeren Probleminstanzen. So hat diese IP-Formulierung in der Anzahl n der Jobs einer Instanz quadratisch viele Variablen. Die Zahl der Ungleichungen zur Beschreibung des Intervallordnungspolytops wächst in vierter Potenz mit der Zahl der Jobs, und die Zahl der Ressourcenungleichungen wächst im Allgemeinen sogar exponentiell. Darüber hinaus ist die gewählte Zielfunktion nicht geeignet, Schedules mit minimalem Makespan als Lösungen zu liefern. Dies ist jedoch in der ressourcenbeschränkten Projektplanung oftmals gefordert.

Es stellt sich also die Frage, was diese IP-Formulierung überhaupt kann. Dies habe ich empirisch untersucht und als Ausgangspunkt zur Entwicklung heuristischer Ansätze genutzt.

Bei der Suche nach Makespan-minimalen Schedules kann man sich von Intervallordnungen auf partielle Ordnungen zurückziehen (siehe [1]). Dies reduziert die Anzahl der Ungleichungen zur Beschreibung der Ordnungen von $O(n^4)$ auf $O(n^3)$. Die Lösung des IP's liefert nun eine partielle Ordnung, deren Frühester-Anfang-Schedule ein zulässiger Schedule ist. Darüber hinaus kann jedoch aus dieser Ordnung eine Prioritätsliste erzeugt und diese mit Prioritätsscheduling-Heuristiken verwendet werden. Dies führt i.A. zu Schedules mit kleinerem Makespan.

Löst man anstelle des IP's seine LP-Relaxierung, so erhält man gebrochenrationale Lösungen der δ_{ij}, die allerdings nicht als partielle Ordnung interpretiert werden können. Dennoch kann man, wie sich gezeigt hat, auch aus diesen Lösungen Prioritätslisten erzeugen, die zu ähnlich guten Schedules führen wie bei Verwendung der IP-Lösung.

In nächster Zeit werde ich versuchen, die erzielten Ergebnisse weiter zu verbessern und Methoden zu entwickeln, mit denen auch größere Probleminstanzen als bisher gelöst werden können.

Branch & Bound mit dynamischen Releasedates

Den zusammen mit Herrn Möhring, Frederik Stork und Marc Uetz entwickelten Branch & Bound-Algorithmus zur ressourcenbeschränkten Projektplanung unter Zeitfensterbedingungen [2] haben wir um einige neue Features erweitert.

Die wichtigsten Erweiterungen, die zu deutlich besseren Ergebnissen auf den untersuchten Testsets geführt haben, sind die heuristische Erzeugung zulässiger Schedules durch Prioritätslisten-basierter Konfliktentzerrung sowie einer neuen Dominanzregel, die heuristisch Knoten abschneidet, die nicht zu linear präselektiven Strategien führen (siehe hierzu [3]).

Aktivitäten

- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs
- Vorlesung *Online Optimierung* von Sven O. Krumke
- DONET Spring School on *Computational Combinatorial Optimization* Schloss Dagstuhl, 15. - 19. Mai 2000
- Festkolloquium des Graduiertenkollegs am 1. Juli 2000

Ausblick

- Vortrag beim 9. DFG-Workshop über Projektplanung mit beschränkten Ressourcen, Sehlendorf, 27. - 29. September 2000

Literatur

[1] M. Bartusch, R. H. Möhring, F. J. Radermacher. *Scheduling Project Networks with Resource Constraints and Time Windows.* Annals of Operation Research, 16: 201 - 240, 1988.

[2] A. Fest, R. H. Möhring, F. Stork und M. Uetz. *Resource Constrained Project-Scheduling with Time Windows: A Branching Scheme Based on Dynamic Release Dates.* Eingereicht, 1999.

[3] R. H. Möhring und F. Stork. *Linear preselective policies for stochastic project scheduling.* Technical Report 612, Technische Universität Berlin, 1998, erscheint bei: Mathematical Methods of Operations Research.

[4] R. Müller und A. S. Schulz. *The Interval Order Polytope of a Digraph.* In E. Balas und J. Clausen (Herausgeber), *Integer Programming and Combinatorial Optimization, 4th International IPCO Conference*, Band 920 von *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 50–64. Springer, 1995.

[5] A. S. Schulz. *Polytops and Scheduling.* Dissertation, Technische Universität Berlin, 1996.

Laura Heinrich-Litan

Betreuer:	Prof. Dr. Helmut Alt
Arbeitsbereich:	Algorithmische Geometrie
Thema:	Nächste-Nachbar-Suche, Externe Algorithmen
Stipendiatin	im Graduiertenkolleg "ADM" seit April 1999

Arbeitsbericht

Der Schwerpunkt meiner Arbeit ist die exakte Nächste-Nachbar-Suche (NNS) in einem hochdimensionalen $(\mathbb{R}^d, L_p)$ Raum $(1 \leq p < \infty)$. Das Problem besteht darin, effiziente Datenstrukturen und Algorithmen zu entwickeln, die zu einer festen Menge von n Punkten $P \subset \mathbb{R}^d$ und einem beliebigen, spezifizierten Anfragepunkt $q \in \mathbb{R}^d$, den oder die nächsten Nachbarn aus P zu q finden.

Die bis jetzt für die exakte L_p-NNS bekannten Algorithmen benötigen entweder einen in d exponentiellen Speicherplatz oder eine in n fast lineare Suchzeit (siehe [1], [2], [4]). Meiser stellt in [4] eine Datenstruktur vor, die eine $O(d^5 \log n)$ Suchzeit und einen $O(n^{d+\epsilon})$ Speicherplatz benötigt. Kapoor und Smid zeigen in [3], wie man mittels eines Bereichsbaumes (range tree) das Nächste-Nachbar-Problem für die L_1 und L_∞ Metrik löst. Es werden eine Suchzeit von $O((\log n)^{d-1} \log\log n)$ und ein Speicherbedarf von $O(n(\log n)^{d-1})$ benötigt. Nachteilhaft ist die in d exponentielle Suchzeit.

Die von mir in den letzten Semestern untersuchten und vorgestellten Methoden für die L_∞ Metrik haben unter der Voraussetzung, dass die Punkte aus P gleichverteilt aus $[0,1]^d$ sind, die erwartete Laufzeit $O(\frac{nd}{\ln n} + n)$ (mit einer kleinen Konstante in dem O-Term). Diese Algorithmen benötigen keine Vorverarbeitung und nur $\Theta(nd)$ Speicherplatz für die n Punkte. In diesem Semester habe ich mich hauptsächlich damit beschäftigt, Methoden für das Nächste-Nachbar-Problem zu finden, die eine Vorverarbeitung und einen zusätzlichen Speicherplatz zulassen, um eine bessere Suchzeit (möglichst polylogarithmisch) zu ermöglichen.

Ich bin unter anderem folgender Idee nachgegangen : unter der Betrachtung einer Zerlegung des $[0,1]^d$ in Zellen wird in der Vorverarbeitungsphase für jede Zelle C die Menge P_C der möglichen nächsten Nachbarn aus P zu den Punkten aus der Zelle C bestimmt. Zu einem Anfragepunkt $q \in [0,1]^d$ wird die Zelle C gefunden, die q enthält. Um den nächsten Nachbarn aus P zu q zu finden, brauchen nur die Punkte aus P_C berücksichtigt werden; dazu kann die *brute-*

force-Methode oder die *Boxmethode* angewendet werden. Bis jetzt habe ich genauer die aus m^d kongruenten Zellen bestehende Zerlegung für $m \in \mathbb{N}$, $m \geq 1$ untersucht, die dadurch entsteht, dass man den Bereich $[0,1]$ in jeder der d Koordinatenrichtungen in m gleich grosse Intervalle zerlegt. Die Analyse des für diese Zerlegung entwickelten Algorithmus ergibt unter der Voraussetzung, dass die Punkte aus P gleichverteilt aus $[0,1]^d$ sind, einen Tradeoff zwischen der erwarteten Suchzeit t und dem erwarteten Speicherbedarf s, wobei $s = \Theta(d(m+\sqrt[d]{n})^d)$ gilt. Eine minimale erwartete Suchzeit $t_{min} = \Theta(\log n + d \log d)$ ergibt sich für einen erwarteten Speicherbedarf $s = \Theta(d^{d+1}n)$.

In nächster Zeit werde ich andere Zerlegungen des $[0,1]^d$ untersuchen, z.B. Zerlegungen in d-dimensionale Quader verschiedener Grösse. Ein weiteres Ziel ist die Entwicklung eines effizienten, externen Algorithmus für das Nächste-Nachbar Problem in hohen Dimensionen.

Aktivitäten

- Teilnahme und Vortrag am ADiMMO 2000 in München
- Besuch der Vorlesungen und Kolloquien des Graduiertenkollegs
- Teilnahme an der Block-Vorlesung *Geometric Algorithms for the Analysis of Shapes and Patterns* von Helmut Alt und Günter Rote (03.-14. April, 2000)
- Mitarbeit bei der Erstellung und Überarbeitung des Skriptes zu der oben angegebenen Vorlesung
- Teilnahme und Vorträge im Mittagsseminar der Theoretischen Informatik der FU
- Gutachter für ISAAC 2000

Ausblick

- Teilnahme an der Sommerschule *Shape in Computer Vision and Graphics* in Zürich, September 6-8, 2000

Literatur

[1] S. Arya and D. M. Mount. Approximate nearest neighbor queries in fixed dimensions. In *Proc. 4th ACM-SIAM Sympos. Discrete Algorithms*, pages 271–280, 1993.

[2] K. L. Clarkson. A randomized algorithm for closest-point queries. *SIAM J. Comput.*, 17:830–847, 1988.

[3] S. Kapoor and M. Smid. New techniques for exact and approximate dynamic closest-point problems. *SIAM J. Comput.*, 25:775–796, 1996.

[4] S. Meiser. Point location in arrangements of hyperplanes. *Inform. Comput.*, 106:286–303, 1993.

Vanessa Kääb

Betreuer:	Prof. Dr. Rolf H. Möhring
Arbeitsbereich:	Scheduling
Thema:	Local Search Algorithmen
Stipendiat	im Graduiertenkolleg "CGC"seit März 2000

Arbeitsgebiet

Unter dem Begriff Machine-Scheduling faßt man im allgemeinen Probleme der Art zusammen, n Jobs m parallelen Maschinen so zuzuordnen, daß eine gegebene Zielfunktion minimiert wird. Eine mögliche Zielfunktion, der so genannte Makespan, ist der Zeitpunkt, zu dem der letzte Job beendet wird. Dieses Problem wird für gewöhnlich mit $P||C_{max}$ bezeichnet. Ist die Anzahl m der Maschinen fest, so ist $P||C_{max}$ in pseudopolynomialer Zeit lösbar, ansonsten ist das Problem $\mathcal{NP}$-hart.

Diese sehr restriktive Problemstellung des Machine-Scheduling läßt sich auf verschiedene Art und Weise verallgemeinern. $P|prec|C_{max}$ bezeichnet ein Machine-Scheduling Problem mit Precedence Constraints. Precedence Constraints beschreiben Festlegungen der Bearbeitungsreihenfolge bestimmter Jobs und entsprechen einer partiellen Ordnung "$<$" auf der Menge der Jobs, wobei $i < j$ bedeutet, dass Job j erst bearbeitet werden kann, wenn i fertiggestellt wurde. Auf der anderen Seite kann man auch die Maschinen als eine Resource ansehen und Probleme betrachten, bei denen nicht nur die Anzahl der Maschinen beschränkt ist, sondern noch andere Resourcen, die zur Ausführung der Jobs benötigt werden. Aufgabenstellungen dieser Art werden als Resource-Constrained Project-Scheduling Probleme bezeichnet. In [1] findet sich eine ausführliche Beschreibung der unterschiedlichen Project-Scheduling Probleme. Für einen umfassenden Überblick über Machine-Scheduling Probleme sei auf [2] verwiesen.

Darstellung des Promotionsthemas

Zur Lösung der meist "schweren" Scheduling Probleme werden unter anderem auch Local Search Algorithmen entwickelt. Diese Algorithmen suchen ausgehend von einer Initiallösung eine möglichst optimale Lösung im Raum der (zulässigen) Lösungen für ein gegebenes Problem. Hierzu wird auf dem Lösungsraum eine Nachbarschaftsbeziehung definiert. Diese Nachbarschaftsbeziehung legt fest, welche Lösungen adjazent zueinander sind und beschränkt dadurch die Wege, die ein Lokal Search Algorithmus nehmen kann. Verschiedenen Nachbarschaften unterscheiden sich vor allem in drei Dingen, welche die Effizienz eines Lokal Search Algorithmus wesentlich beeinflussen.

1. Die Größe der Nachbarschaft einer Lösung ist entscheidend für die Geschwindigkeit, mit welcher sie durchsucht werden kann. Aus diesem Gesichtspunkt heraus wären kleine Nachbarschaften zu bevorzugen.
2. Ebenfalls wichtig ist die Klärung der Frage, wie schwer es ist von einer Lösung zu einer adjazenten Lösung zu gelangen. Genauer gesagt, ist die Berechnung der neuen Lösung aus der alten in polynomialer Zeit durchführbar?
3. Die Qualität der Lösung, die von einem Lokal Search Algorithmus generiert wird hängt vor allem von der Topologie ab, welche der gewählten Nachbarschaft zugrunde liegt. Es ist zu klären, ob der Nachbarschaftsgraph zusammenhängend ist und ob man beim Optimieren der Werte der Zielfunktion auch zum absoluten Optimum gelangt oder leicht in einem lokalen Optimum "hängen bleibt".

In [3] werden unter anderem diese Fragestellungen diskutiert und geeignete Nachbarschaften für unterschiedliche Klassen von Scheduling Problemen vorgestellt. Diese Nachbarschaften werden dabei im wesentlichen durch eine Neuplatzierung von einem oder zwei Jobs definiert. [4] beschreibt im Unterschied dazu einen Local Search Algorithmus, dessen Nachbarschaftsstruktur durch den gleichzeitigen Austausch mehrerer Jobs definiert wird. Das Problem besteht darin, eine geeignete Menge von Jobs zu finden und diese in einer bestimmten Art und Weise gegeneinander auszutauschen. Hierzu modellieren die Autoren zu einem festen Schedule S einen so genannten "Verbesserungsgraphen" $G(S)$. Zykel und Wege mit einer speziellen Eigenschaft in diesem Graphen repräsentieren die zu tauschenden Jobs. Leider ist das Auffinden der Zykel und Wege mit der geforderten Eigenschaft wiederum $\mathcal{NP}$-hart, und die Autoren entwickeln eine Heuristik zur Lösung des Problems.

Ausgehend von der in [4] vorgestellten Nachbarschaft und des Verbesserungsgraphen haben wir eine leicht modifizierte Nachbarschaft untersucht und den entsprechenden Verbesserungsgraphen dazu modelliert. Eine Menge auszutauschender Jobs wird in diesem Graphen durch die Knoten auf einem pareto-optimalen Weg oder Zykel repräsentiert. Bei einer festen Anzahl von Gewichten ist dieses Problem, wie auch das Ausgangsproblem $P||C_{max}$ mit fester Maschinenzahl m in pseudopolynomialer Zeit lösbar. Warburton stellt in seinem Artikel [5] ein vollpolynomiales Approximationsschema für das Auffinden pareto-optimaler Wege vor, welches in angepaßter Form zur Bestimmung der gesuchten Wege und Zykel im Verbesserungsgraphen geeignet ist.

Eine erste interessante Frage ist nun, ob sich diese Modellierung des Verbesserungsgraphen auch auf das verallgemeinerte Problem von $P||C_{max}$ mit Precedence Constraints zwischen den Jobs übertragen läßt. Dieses Scheduling Problem läßt sich durch die Einführung so genannter *verbotener Mengen* zusätzlich erweitern. Dabei ist eine verbotene Menge eine Menge von Jobs, welche nicht gleichzeitig bearbeitet werden koennen. Ziel ist es, eine geeignete Nachbarschaft für das Scheduling Problem mit Precedence Constraints und verbotenen Mengen zu modelieren und über diese einen möglichst effizienten Lokal Search Algorithmus für das Problem zu finden.

Aktivitäten

- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs
- Vorlesung *Scheduling* von Prof. Möhring

- Block Kurs *Geometric Algorithms for the Analysis of Shapes and Patterns* vom 03. bis 14. April 2000 an der FU Berlin
- Diplomanden-/Oberseminar von Prof. Möhring

Ausblick

- Blockseminar *Lineare Optimierung* von Prof. Möhring, 14. bis 16. Juli 2000
- Eurokonferenz *Discrete and Algorithmic Geometry* auf Kreta, 19. bis 25. August 2000
- Sommerschule *Shape in Computer Vision and Graphics* in Zürich, 06. bis 08. September 2000

Literatur

[1] Peter Brucker, Andreas Drexl, Rolf Möhring, Klaus Neumann, Erwin Pesch. *Resource-Constrained Project Scheduling: Notation, Classification, Models, and Methods.* European Journal of Operational Research, 112(1):3–41, 1999.

[2] Eugene L. Lawler, Jan K. Lenstra, Alexander H.G. Rinnooy Kan, David B. Shmoys. *Sequencing and Scheduling: Algorithms and Complexity.* Handbooks in OP and MS, Vol. 4, Chapter 9:445–522, 1993.

[3] Emile Aarts and Jan K. Lenstra (Editors). *Local Search in Combinatorial Optimization.* Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization, 367–403, 1997.

[4] Antonio Fragioni, Emiliano Necciari, Maria Grazia Scutellà. *Multi-exchange algorithms for the minimum makespan maschine scheduling problem.* 2000

[5] Arthur Warburton. *Approximation of Pareto Optima in Multiple-Objective, Shortest-Path Problems.* Operations Research, Vol. 35, No. 1, 1987.

Carsten Lange

Betreuer:	Prof. Dr. Günter M. Ziegler
Arbeitsbereich:	diskrete Geometrie
Thema:	Diskrete Krümmungen und Weitzenböck-Formeln
Stipendiat	im Graduiertenkolleg "CGC" seit 1.1.2000

Darstellung des Promotionsthemas

Der Riemannsche Krümmungstensor und von ihm abgeleitete Größen wie Ricci- und Weyltensor und Schnitt- und Skalarkrümmung spielen in der (Pseudo-)Riemannschen Geometrie glatter Mannigfaltigkeiten seit langer Zeit eine zentrale Rolle. Ein möglicher Ansatz, Krümmungsbegriffe aus der Kategorie der (Pseudo-)Riemannschen Mannigfaltigkeiten in eine diskrete Welt wie die der Zellkomplexe oder PL-Mannigfaltigkeiten zu übertragen, wird in [AW43, Ban67, Ban83, Che83, CMS84, GM92, MPh93] und [Reg61] verfolgt. Dabei wird die Abweichung von Umgebungen niederdimensionaler Zellen einer Einbettung zu einer „flachen" Einbettung gemessen. Auf diese Weise ist es unter anderem möglich, kombinatorische Formeln für charakteristische Klassen anzugeben. Diese lassen sich ja im glatten Fall bekanntlich durch lokale Formeln in Krümmungsgrößen ausdrücken. In diesem Kontext sei auf [Che83, GM92] und [MPh93] verwiesen.

Ein völlig anderer Ansatz stammt von Robin Forman [For99]. Seine Idee ist es, eine kombinatorische Version der Weitzenböck-Formel zu betrachten. Worum handelt es sich hierbei genau? Zunächst ein kurzer (indiskreter) Exkurs. Auf Mannigfaltigkeiten können Funktionen und Differentialformen abgeleitet werden, zweifaches Ableiten liefert (genau wie in der Analysis I für reelle Funktionen) den Bochner-Laplace-Operator. Für Differentialformen gibt es noch die für die deRham-Theorie wichtigen Rand- und Korandoperatoren, mit deren Hilfe der Hodge-Laplace-Operator definert wird. Ein äußerst nützlicher Satz besagt nun, daß die Differenz beider Laplace-Operatoren ein linearer Operator ist, der mit Hilfe des Riemannschen Krümmungstensors exakt angegeben werden kann [Li93]. Im Fall von Funktionen auf der Mannigfaltigkeit verschwindet dieser Operator überall, beide Laplace-Operatoren stimmen also überein, während im Fall von 1-Formen die besagte Differenz genau die Riccikrümmung der Mannigfaltigkeit ist. An diese Ansammlung von Gleichungen wird gedacht, wenn von *der Weitzenböck-Formel* die Rede ist. In der diskreten Welt stellen wir uns der Einfachheit halber eine triangulierte (kompakte) Mannigfaltigkeit vor. Dann wissen wir aus der Topologie, was statt p-Formen zu betrachten ist: p-Koketten. Mit den Rand- und Korandoperatoren auf Koketten kann nun analog ein (linearer) Hodge-Laplace-Operator definiert werden. Demgegenüber sind Analoga zu den anderen oben genannten Größen nicht offensichtlich. Forman schlägt nun eine Zerlegung der Matrix der Hodge-Laplace-Operatoren vor, die er für diskrete Analoga der Weitzenböck-Formel(n) hält. Mit deren Hilfe definiert er (in memoriam glatte 1-Formen) eine Riccikrümmung der triangulierten Mannigfaltigkeit. Daß seine Definition der Riccikrümmung tatsächlich ein ernstzunehmender Kandidat ist, untermauert er, indem er fast wörtliche Übertragungen der klassischen Sätze von Myers und Bochner beweist. Aber begründen kann er seine Zerlegungen nicht.

Wie ist nun die Zerlegung zu verstehen, die Forman vorschlägt? Kann die von ihm definierte Riccikrümmung vielleicht durch (differentialgeometrisch motivierte) Konstruktionen hergeleitet werden? Bei Forman spielen (z.B. im Falle polytopaler Komplexe) benachbarte Zellen eine fundamentale Rolle. Statt nun eine p-Kokette abzuleiten, könnten geeignete Differenzen zwischen den Koeffizienten benachbarter Zellen ein guter Ersatz für Differentialquotienten sein. Statt einer Ableitung oder eines Differentialoperators ist dann ein Differenzenoperator auf p-Koketten zu betrachten. Ich wiederholte nun Konstruktionen, die in der Differentialgeometrie den Bochner-Laplace-Operator, den Riemannschen Krümmungstensor und dessen Spur, die Ricci-Krümmung, liefern. Die dabei entstehenden Objekte verstehe ich noch lange nicht vollständig, doch lassen sich darin die Matrizen aus Formans Zerlegung finden...

Aktivitäten

- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs
- Blockkursus des Graduiertenkollegs „Geometric Algorithms for the Analysis of Shapes and Patterns“ vom 3. - 14. April 2000
- Workshop des Graduiertenkollegs „Klassifikation und Erkennung von triangulierten Mannigfaltigkeiten“ vom 13. - 17. März 2000
- Oberseminar Diskrete Geometrie G. M. Ziegler mit Vortrag „Formans kombinatorische Weitzenböck-Formel“ am 19. Mai 2000
- Vorlesung „Polytope“ (SS 2000) von G. M. Ziegler an der TU Berlin

- Vorlesung „Triangulierungen von Punktmengen und Polyedern“ (SS 2000) von J. Rambau an der TU Berlin
- Vorlesung „Unendlichdimensionale Topologie und der s-Kobordismensatz“ (SS 2000) von H. Bothe an der FU Berlin
- Vorlesung „Liesche Gruppen und Algebren“ (WS 1999/2000) von H. Baum an der HU Berlin
- Vorlesung „Einfache Homotopietheorie“ (WS 1999/2000) von H. Bothe an der FU Berlin
- Sommerschule „Triangulations of Polyhedra and Point Sets“ in Santander (3. - 7. Juli 2000)
- Discrete Mathematics 2000 in München (5./6. Oktober 2000)
- DMV-Jahrestagung in Dresden (17. - 22. September 2000)
- Eurokonferenz „Discrete and Algorithmic Geometry“ auf Kreta (19. - 25. August 2000)
- Berliner Algorithmen-Tag (18. Februar 2000 und 1. Juli 2000)
- ADiMMO-Workshop in München (30./31. März 2000)

Ausblick

In den vergangenen Monaten habe ich mit der Einarbeitung in für mich neue und weniger geläufige Gebiete wie Polytoptheorie und algorithmischer Geometrie begonnen. Dieser Prozeß ist bei weitem noch nicht abgeschlossen. Weiterhin hoffe ich, in nächster Zeit die von mir konstruierten „kombinatorischen Krümmungstensoren“ besser zu verstehen. Besonders freue ich mich auf die beiden Kurse „Randomized Algorithms“ und „Combinatorial Geometry“ des Pre-Doc-Programms in Zürich (23. Oktober - 24. November).

Literatur

[AW43] C. B. Allenoerfer und A. Weil, „The Gauss-Bonnet-Theorem for Riemannian Polyhedra“, Trans. Amer. Math. Soc. 53 (1943), 101-129.

[Ban67] T. Banchoff, „Critical Points and Curvature for Embedded Polyhedra“, J. Diff. Geom. 1 (1967), 245-256.

[Ban83] T. Banchoff, „Critical Points and Curvature for Embedded Polyhedra II“, pp 34-55 in „Differential Geometry“, R. Brooks et al., Progr. Math. Band 32, Birkhäuser, Boston, Berlin, Basel, 1983.

[Che83] J. Cheeger, „Spectral Geometry of Singular Riemannian Manifolds“, J. Diff. Geom. 18 (1983), 575-657.

[CMS84] J. Cheeger, W. Müller und R. Schrader, „On the Curvature of Piecewise Flat Spaces“, Comm. Math. Phys. 92 (1984), 405-454.

[For99] R. Forman, „Combinatorial Differential Topology and Geometry“, pp. 177-207 in „New Perspectives in Algebraic Combinatorics“, L. J. Billera, A. Björner, C. Greene, R.E. Simion und R.P.Stanley, MSRI publications volume 38, Cambridge University Press, 1999.

[GM92] I. M. Gelfand und R. D. MacPherson, „A Combinatorial Formula for the Pontrjagin Classes“, Bull. Amer. Math. Soc. (new series) 26 (1992), 304-309.

[Li93] P. Li, „Lecture Notes on Geometric Analysis“, Lecture Notes Series No. 6, Research Institute of Mathematics, Global Analysis Research Center, Seoul National University, Korea (1993)

[MPh93] R. D. MacPherson, „Combinatorial Differential Manifolds: A Symposium in Honour of John Milnor's sixtieth Birthday“, pp 203-221 in „Topological Methods in Modern Mathematics“, L. R. Goldberg und A. Phillips, Publish or Perish, Houston, 1993.

[Reg61] T. Regge, „General Relativity without Coordinates“, Nuovo Cimento 19 (1961), 558-571.

Michael Naatz

Betreuer:	Prof. Dr. Rolf H. Möhring
Arbeitsbereich:	Ordnungstheorie
Thema:	Erweiterungen geordneter Mengen
Stipendiat	im Graduiertenkolleg “ADM” seit Oktober 1998

Arbeitsgebiet

Der Schwerpunkt meiner Arbeit liegt auf azyklischen Orientierungen gemischter Graphen, das sind Graphen, die sowohl gerichtete als auch ungerichtete Kanten enthalten können. Diese Objekte kann man auch als pseudolineare Erweiterungen einer partiellen Ordnung bezeichnen, da sie in vielerlei Hinsicht lineare Erweiterungen verallgemeinern. Die vielfältigen Verbindungen dieses Themas zu ordnungstheoretischen, informatischen und spieltheoretischen Fragen habe ich in meinen früheren Berichten beschrieben.

Ergebnisse

Dimension gemischter Graphen

Eines der Themen, mit denen ich mich im zurückliegenden Semester beschäftigt habe, ist eine Verallgemeinerung der sogenannten Ordnungsdimension. Die Ordnungsdimension (im folgenden einfach Dimension genannt) einer partiellen Ordnung P ist die minimale Anzahl von linearen Erweiterungen, deren Schnitt genau P ist. Um diesen Begriff zu verallgemeinern, habe ich die partielle Ordnung (in naheliegender Weise) als gerichteten Graphen aufgefaßt. Daraus erhalte ich einen gemischten Graphen G, indem ich alle Eckenpaare, zwischen denen keine gerichtete Kante existiert, mit einer ungerichteten Kante verbinde. Die Dimension eines gemischten Graphen ist nun die minimale Anzahl azyklischer Orientierungen von G, deren Schnitt genau den gerichteten Anteil von G ergibt. Dabei ist das Wort Schnitt wörtlich zu nehmen: Den Schnitt zweier gerichteter Graphen auf derselben Grundmenge erhält man, indem man die Kantenmengen miteinander schneidet. Wird ein gemischter Graph auf die oben beschriebene Weise aus einer partiellen Ordnung konstruiert, so stimmt die Dimension des gemischten Graphen mit der klassischen Ordnungsdimension überein.

Über den klassischen Begriff der Ordnungsdimension liegt umfangreiche Literatur vor (siehe z.B. die Monographie [1]). Es stellt sich nun heraus, daß sehr viele der bekannten Eigenschaften dieses Parameters sich auf die Dimension gemischter Graphen übertragen. Ein besonders interessantes Beispiel ist die äquivalente Definition der Ordnungsdimension als die kleinste Zahl d, so daß sich die betrachtete Ordnung in $\mathbb{R}^d$ einbetten läßt. Im zurückliegenden Semester konnte ich zeigen, daß ein entsprechender Satz auch für gemischte Graphen gilt, wenn man den verwendeten Einbettungsbegriff auf natürliche Weise verallgemeinert. Aber nicht alle interesanten Resultate auf diesem Gebiet sind Verallgemeinerungen von Klassikern. So konnte ich eine überraschende Beziehung zwischen der Dimension eines gemischten Graphen und der Ordnungsdimension herleiten, die keinem der klassischen Resultate auch nur entfernt ähnelt.

Eine Verallgemeinerungsverallgemeinerung...

...habe ich im letzten Bericht eines der Resultate genannt. Die Vermutung, daß dieses Lemma noch weitere Anwendungen hat, war richtig: Ich konnte mit Hilfe dieses Ergebnisses zeigen, daß der Basiswortgraph eines Antimatroids maximalen Zusammenhang hat, d.h. Zusammenhangszahl und Minimalgrad stimmen überein.

Aktivitäten

- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs
- Vorlesung „Triangulierungen von Punktmengen und Polyedern“ von Jörg Rambau
- Gutachten für das International Journal on the Foundations of Computer Science
- Mitwirkung beim DFG-Antrag auf Einrichtung einer Forschergruppe
- Vortrag „Ein Zusammenhangslemma für Graphen“ im Kolloquium des Graduiertenkollegs
- Vortrag beim A^{3}DiM^{3}O 2000 in München, 30. bis 31. März

Ausblick

- Vortrag bei der International Conference on Graph Theory (ICGT 2000), 28. August bis 1. September in Marseille
- Vortrat bei der ODSA 2000, 11. bis 13. September in Rostock

Literatur

[1] William T. Trotter, *Combinatorics and Partially Ordered Sets: Dimension Theory*, Johns Hopkins Series in the Mathematical Sciences, The Johns Hopkins University Press, Baltimore 1992.

Dr. Deryk Osthus

Betreuer:	Prof. Dr. Hans Jürgen Prömel
Arbeitsbereich:	Zufällige Diskrete Strukturen
Postdoktorand	im Graduiertenkolleg “CGC” seit Oktober 2000

Ergebnisse

Hohe chromatische Zahl und hohe Taillenweite

Ein fundamentaler Satz von Erdős besagt, dass es Graphen mit beliebig hoher chromatischer Zahl und beliebig hoher Taillenweite gibt – solche Graphen sehen also lokal aus wie Bäume, haben aber eine komplexe globale Struktur. (Die *Taillenweite* von eines Graphen G ist die Länge des kürzesten Kreises in G.) Zusammen mit Hans Jürgen Prömel und Anusch Taraz habe ich gezeigt, dass es solche Graphen nicht nur gibt, sondern dass sogar fast alle Graphen mit hoher Taillenweite auch hohe chromatische Zahl haben, sofern ihre Kantendichte in einem gewissen Bereich liegt [3].
Es sei $\mathcal{F}_{n,m}(C_{\leq \ell})$ die Klasse aller Graphen mit n Ecken und m Kanten, die keinen Kreis der Länge höchstens ℓ enthalten. Dann gibt es für jedes $\ell \geq 3$ und für jedes k Konstanten c_1 und c_2, so dass fast alle Graphen in $\mathcal{F}_{n,m}(C_{\leq \ell})$ chromatische Zahl mindestens k haben, falls $c_1 n \leq m \leq c_2 n^{\ell/(\ell-1)}$.

Die Bedingung $m \geq c_1 n$ is bestmöglich, da fast alle Graphen mit n Ecken und m Kanten überhaupt keine Kreise enthalten, falls $m/n \to 0$. Im Fall $\ell = 3$ stellt sich auch heraus, dass die Bedingung $m \leq c_2 n^{3/2}$ im wesentlichen bestmöglich ist: Es sei

$$t_3 = t_3(n) = \frac{\sqrt{3}}{4} n^{3/2} \sqrt{\log n}.$$

und $\varepsilon > 0$ beliebig. In [2] haben wir gezeigt, dass fast alle dreiecksfreien Graphen mit n Ecken und m Kanten bipartit sind, wenn $m \geq (1+\varepsilon)t_3$. Wie schon im vorigen Bericht erwähnt, ist dieser Schwellenwert übrigens scharf – wenn $n/2 \leq m \leq (1-\varepsilon)t_3$, dann ist fast kein dreiecksfreier Graph mit n Ecken und m Kanten bipartit.

Teilgraphen mit hohem Durchschnittsgrad und hoher Taillenweite

Aus dem oben erwähnten Satz von Erdős folgt leicht, dass es auch Graphen mit beliebig hohem Durchschnittsgrad und beliebig hoher Taillenweite gibt. Eine Vermutung von Thomassen [5] aus dem Jahr 1983 besagt, dass solche Graphen sogar in jedem Graphen enthalten sind, der genügend dicht ist.

Vermutung (Thomassen) *Es existiert eine Funktion $f = f(k, g)$, so dass jeder Graph G mit Durchschnittsgrad mindestens $f(k, g)$ einen Teilgraphen mit Durchschnittsgrad mindestens k und Taillenweite mindestens g hat.*

Der Fall $g = 4$ der Vermutung ist einfach, da jeder Graph durch das Löschen von höchstens der Hälfte seiner Kanten bipartit gemacht werden kann und deshalb $f(k, 4) \leq 2k$ gilt. Zusammen mit Daniela Kühn habe ich in [1] den Fall $g \leq 6$ bewiesen:

Es existiert eine Funktion $h = h(k)$, so dass jeder Graph mit Durchschnittsgrad mindestens $h(k)$ einen Teilgraphen mit Durchschnittsgrad mindesten k und Taillenweite mindestens sechs enthält.

Eine Anwendung der probabilistischen Methode zeigt, dass zumindest jeder hinreichend dichte reguläre Graph einen Teilgraphen mit hohem Durchschnittsgrad und hoher Taillenweite enthält. Die Vermutung von Thomassen würde also folgen, wenn man beweisen könnte, dass jeder Graph mit Durchschnittsgrad $d(r)$ einen r-regulären Teilgraphen enhalten würde. Dies ist jedoch falsch – Pyber, Rödl und Szemerédi [4] haben gezeigt, dass es Graphen mit mit n Ecken und Durchschnittsgrad $c_r \log \log n$ gibt, die keinen r-regulären Teilgraphen enthalten.

Aktivitäten

- ADiMO-Workshop am 30. und 31.3.2000 in München (mit Vortrag „Über Evolutionsprozesse zufälliger Graphen“)
- Verteidigung der Dissertation am 26.4.2000
- Tagung „Relational structures and applications“, Marseille, 22.-26.5.2000
- Forschungsseminar „Algorithmen und Komplexität“ an der HU (mit Vortrag über „Graphen mit hohem Durchschnittsgrad und hoher Taillenweite“)
- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs

Literatur

[1] D. Kühn and D. Osthus, Every graph of sufficiently large average degree contains a C_4-free subgraph of large average degree, submitted, 2000.

[2] D. Osthus, H.J. Prömel and A. Taraz, On the evolution of triangle-free graphs, submitted, 1999.

[3] D. Osthus, H.J. Prömel and A. Taraz, Almost all graphs with high girth and suitable density have high chromatic number, submitted, 2000.

[4] L. Pyber, V. Rödl and E. Szemerédi, Dense graphs without 3-regular subgraphs, *J. Combin. Theory B* **63** (1995), 41–54.

[5] C. Thomassen, Girth in graphs, *J. Combin. Theory B* **35** (1983), 129–141.

Julian Pfeifle

Betreuer:	Prof. Dr. Günter M. Ziegler
Arbeitsbereich:	Kombinatorische und Diskrete Geometrie
Thema:	Nachbarschaftliche Fächer, nichtreguläre Triangulierungen
Stipendiat	im Graduiertenkolleg "CGC" seit 1.3.2000

Arbeitsgebiet

Ich konzentrierte mich zunächst auf die Frage nach der Existenz zentralsymmetrischer, nachbarschaftlicher Fächer. Dabei heißt ein Fächer im $\mathbf{R}^d$ *nachbarschaftlich*, falls jede Menge von $\lfloor d/2 \rfloor$ Erzeugenden tatsächlich einen Kegel im Fächer aufspannt. Diese Frage ist deswegen spannend, weil die Klasse der Fächer auf natürliche Weise zwischen Polytopen und allgemeinen kombinatorischen Sphären liegt, und man weiß, daß es fast keine zentralsymmetrischen, nachbarschaftlichen Polytope gibt, aber jede Menge solcher Sphären. Genauer ist für Polytope schon seit 1967 bekannt [3], daß es keine zentralsymmetrischen, nachbarschaftlichen 4-Polytope (und damit auch keine höherdimensionalen) mit 12 oder mehr Ecken gibt. Weiters zeigte G. R. Burton [2] 1990, daß es für jede Dimension d eine Zahl $N(d)$ gibt, sodaß jedes zentralsymmetrische Polytop mit mehr als $N(d)$ Ecken nicht einmal 2-nachbarschaftlich ist. Dabei bedeutet k-nachbarschaftlich, daß jede Teilmenge von k nicht gegenüberliegenden Ecken eine Seite des Polytops bildet.

Schon Branko Grünbaum [3] betrachtete den allgemeineren Fall von *zentralsymmetrischen* kombinatorischen Sphären, das sind solche, die eine gerade Anzahl $2n$ von Ecken haben und invariant unter der Permutation $(1, n+1)(2, n+2)\cdots(n, 2n)$ auf der Menge der Ecken sind. Grünbaum konstruierte Beispiele zentralsymmetrischer, nachbarschaftlicher 3-Sphären mit 12 Ecken, also den gleichen Parametern wie im Nichtexistenzsatz für Polytope, und Jockusch [4] gab Beispiele für solche 3-Sphären mit $2n$ Ecken für alle $n \geq 4$. Laut der Dissertation von Frank Lutz [6] gibt es solche Sphären teilweise sogar mit eckentransitiver $\mathbf{Z}_{2n}$-Symmetrie.

Ergebnisse

Mit der zentralsymmetrischen Gale-Transformation von Peter McMullen und G. C. Shephard [7] konnte ich nun zunächst die Nichtexistenz zentralsymmetrischer, nachbarschaftlicher Fächer im $\mathbf{R}^d$ mit $2d+4$ Erzeugenden zeigen. Der Fall von mehr Erzeugern erwies sich als schwieriger, und eine Reihe von Beweisideen führte zunächst nicht zum Ziel. Der Einsatz der `polymake`-Plattform [10] über mehrere CPU-Tage hinweg unterstützt jedoch die Vermutung, daß es auch keine zentralsymmetrischen, nachbarschaftlichen Fächer mit mehr als $2d+4$ erzeugenden Strahlen gibt.

Nach Besuch der Sommerschule [9] in Santander über Triangulierungen war auch mein Interesse an nichtregulären Triangulierungen wieder erwacht, und durch Kombinieren der Software-Pakete `polymake` und `TOPCOM` [8] konnte ich die Sekundärpolytope und Flipgraphen von mehreren Punktkonfigurationen ausrechnen, und zum Beispiel zeigen, daß die Standardrealisierung des 8-dimensionalen zyklischen Polytops mit 12 Ecken $C_8(12)$ genau 42(!) nichtreguläre Triangulierungen hat, die alle genau einen Flip von einer regulären Triangulierung entfernt sind. Eine dieser Triangulierungen war 1993 von Louis Billera, Israel M. Gelfand und Bernd Sturmfels konstruiert worden [1]. Weiters konnte ich erstmals Triangulierungen von zyklischen Poytopen finden, die mehr als einen Flip von regulären Triangulierungen entfernt sind. Diese und weitere Beispiele sind zur Veröffentlichung im EG-Models Archiv [5] vorgesehen.

Aktivitäten

- Besuch der Vorlesungen und Kolloquien des Graduiertenkollegs
- Vorlesung *Polytope* von Günter M. Ziegler
- Vorlesung *Triangulierungen von Punktmengen und Polyedern* von Jörg Rambau
- Vorlesung *Kombinatorische Mannigfaltigkeiten* von Frank Lutz
- Vorlesung *Online–Optimierung* von Sven Krumke
- Teilnahme am Oberseminar der Arbeitsgruppe von Günter M. Ziegler und Vortrag am 26. Mai 2000 mit dem Titel *„Zentralsymmetrische nachbarschaftliche Fächer mit 2d+4 Strahlen gibt es nicht“*
- Workshop des Graduiertenkollegs *Klassifikation und Erkennung von triangulierten Mannigfaltigkeiten*, 13.–17. März 2000, FU Berlin

- Blockkurs des Graduiertenkollegs *Geometric Algorithms for the Analysis of Shapes and Patterns* von Helmut Alt und Günter Rote, FU Berlin, 3.–14. April 2000
- Berliner Algorithmentag 1. Juli 2000
- Besuch der Sommerschule *Triangulations of Polyhedra and Point Sets* von Francisco Santos, Jesús de Loera und Jörg Rambau, 3.–7. Juli 2000, Santander, Spanien
- Eurokonferenz *EC004: Discrete and Algorithmic Geometry*, organisiert von Günter M. Ziegler und Emo Welzl, 19.–25. August 2000, Anogia (Kreta)
- Teilnahme an der DMV-Jahrestagung 2000, 18.–22. September, Dresden
- Teilnahme an den Blockkursen des Graduiertenkollegs *Randomized Algorithms* von Emo Welzl und *Combinatorial Geometry* von Komei Fukuda und Jürgen Richter-Gebert, 23.10.–24.11.2000, Zürich

Ausblick

Im nächsten Semester habe ich wieder viel vor: Zum einen harrt da noch die Frage nach der Nichtexistenz zentralsymmetrischer nachbarschaftlicher Fächer auf eine Antwort, zusammen mit der Verallgemeinerung auf nur k-Nachbarschaftlichkeit. Weiters haben sich im Themenkreis nichtreguläre Triangulierungen durch die Entwicklung der neuen Software und den Besuch der Eurokonferenz auf Kreta spannende Perspektiven ergeben, und ich möchte nun auch in Zusammenarbeit mit anderen Mitgliedern der Arbeitsgruppe Ziegler die Charakterisierung nichtregulärer Triangulierungen und die Tauglichkeit verschiedener Maße für Nichtregularität untersuchen.

Zum anderen habe ich von Günter Ziegler viele weitere Anstöße zur Forschung bekommen: Da gibt es zum Beispiel eine Formel von E. Keith Lloyd für die Anzahl kombinatorischer Typen von d-Polytopen mit $d+3$ Ecken, an der schon Peter McMullen Zweifel geäußert hat, und die einer ersten Untersuchung zufolge tatsächlich nicht richtig ist. Eine geniale Konstruktion von Gil Kalai für „viele“ triangulierte Sphären will für $d = 4$ auch noch richtig verstanden werden, und an weiteren Denkanstößen mangelt es sicher nicht...

Literatur

[1] Louis J. Billera, Israel M. Gelfand, and Bernd Sturmfels, *Duality and minors of secondary polyhedra*, J. of Combinatorial Theory, Series B, (1993), pp. 258–268.

[2] G. R. Burton, *The non-neighborliness of centrally symmetric convex polytopes having many vertices*, J. Comb. Theory Ser. A, (1991), pp. 321–322.

[3] Branko Grünbaum, *Convex Polytopes*, Wiley Interscience, 1967.

[4] William Jockusch, *An infinite family of nearly neighborly centrally symmetric 3-spheres*, J. Comb. Theory Ser. A, (1995), pp. 318–321.

[5] Michael Joswig and Konrad Polthier, *EG-Models—a new archive of electronic geometry models.* `http://www-sfb288.math.tu-berlin.de/eg-models/`.

[6] Frank Lutz, *Triangulated manifolds with few vertices and vertex-transitive group actions*, PhD thesis, TU Berlin, 1999. Shaker Verlag, Aachen.

[7] Peter McMullen and G. C. Shephard, *Diagrams for centrally symmetric polytopes*, Mathematika, 2 (1968), pp. 123–138.

[8] Jörg Rambau, *TOPCOM—a package for computing Triangulations Of Point Configurations and Oriented Matroids.* `http://www.zib.de/rambau/TOPCOM/`.

[9] Francisco Santos, Jesús de Loera, und Jörg Rambau, *Triangulations of Polyhedra and Point Sets.* Sommerschule der Universidad de Cantabria, Santander, Spanien, Juli 2000.

[10] Michael Joswig und Ewgenij Gawrilow, `polymake`*—a versatile tool for the algorithmic treatment of polytopes and polyhedra.* `http://www.math.tu-berlin.de/diskregeom/polymake/`.

Dr. Irasema Sarmiento

Arbeitsbereich:	Combinatorics
Thema:	The Interlace and the Penrose polynomials
Postdoktorandin	im Graduiertenkolleg “ADM”seit Dezember 1998

Arbeitsgebiet und Ergebnisse

The interlace polynomial was introduced by Arratia, Bollobás and Sorkin in [ABS00]. It is defined for any graph through a recursion formula and a local operation with respect to an arbitrarily given edge. The same result is obtained for any of the possible ways of performing the reduction. In [ABS00] the authors show how to count Euler circuits and circuit decompositions for any directed or undirected Eulerian graph. The interlace polynomial is strongly related to the above mentioned problems.

There is very little known concerning the coefficients and combinatorial interpretations of the valuations of the interlace polynomial. We worked mainly with the interlace polynomial of trees. Let T be a tree and let $q(T, x)$ be its interlace polynomial. We have defined a partial ordered set for each tree T and each way of performing the reduction in order to obtain $q(T, x)$. We have proved that all the elements of such a poset are stable sets of T. Moreover, the maximal elements of any such poset are exactly the maximal stable sets of T. We have used the above mentioned posets in order to obtain bounds on the coefficients of $q(T, x)$.

Penrose obtained a number of extremely interesting expressions concerning colourings of graphs. Those expressions gave rise to what is now known as the Penrose polynomial. Its valuations on the integers $-2, 3$ and 4 are strongly related to the 4-colour theorem. Last semester we have obtained an interpretation for the valuation of the Penrose polynomial on any negative integer. It is included in our paper “Hopf algebras and the Penrose polynomial”(recently accepted for publication). We have also obtained a way of defining the Penrose polynomial for non-binary matroids.

Aktivitäten

- I have presented a talk entitled “Hopf algebras and the Penrose polynomial” at the conference “Combinatorics 2000”, Gaeta, Italy, 28 May -

3 June 2000.

- I have been invited to Potenza, Italy to work with Prof. Senato, 23-26 May 2000.
- I have presented a talk entitled “Il polinomio di Penrose e le algebre di Hopf” (“Hopf algebras and the Penrose polynomial”) at the Mathematics Department of the University of Basilicata, Potenza, Italy, 26 May 2000.
- I am member of the Support Committee of the Conference ACCOTA’2000 (Combinatorial and Computational Aspects of Optimization, Topology and Algebra). The above mentioned conference is to be held at Merida, Mexico, 22/11/00-29/11/00.
- I have acted as a referee for the Journal of Combinatorial Theory Series B.

Literatur

[A97a] M. Aigner, The Penrose Polynomial of a Plane Graph, Math. Ann. 307 (1997), 173-189.

[A97b] M. Aigner, Combinatorial theory, Springer-Verlag, 1997.

[ABS00] R. Arratia, B. Bollobás, G. B. Sorkin, Proceedings of the 11th annual ACM-SIAM symposium on Discrete Algorithms, (2000) 237-245.

[BO92] T. H. Brylawski, J. G. Oxley, The Tutte polynomial and its applications, In: Matroid Applications (White, ed.) Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K. (1992), 123-225.

[J88a] F. Jaeger, On Tutte polynomial and cycles of plane graphs, J. Combinatorial Theory B 44 (1988), 127-146.

[J88b] F. Jaeger, On the Penrose number of cubic diagrams, Discrete Math. 74, (1988), 85-97.

[J90] F. Jaeger, On Transition polynomials of 4-regular graphs, In: Cycles and Rays (Hahn et al, eds.) Kluwer, (1990), 123-150.

[Ox92] J. G. Oxley, Matroid theory, Oxford University Press, 1992.

[W93] D. J. A. Welsh, Complexity: Knots, Colorings, and Counting, London Math. Soc. Lecture Notes Series 186, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K. (1993).

Martin Thimm

Betreuer:	Prof. Dr. Hans Jürgen Prömel
Arbeitsbereich:	Approximationsalgorithmen und Nichtapproximierbarkeit
Thema:	Grenzen der Approximierbarkeit
Stipendiat	im Graduiertenkolleg seit April 99

Arbeitsgebiet

Die Charakterisierung der Klasse NP mit Hilfe von PCP's, probabilistically checkable proofs [1], liefert als Konsequenz die Möglichkeit, Nichtapproximierbarkeitsresultate für eine ganze Reihe von NP-schweren Problemen herzuleiten (unter der Annahme, dass $P \neq NP$).

Håstad [2] ist es gelungen, für zwei sehr wichtige Klassen von Problemen optimale Nichtapproximierbarkeitsresultate direkt zu beweisen. Dies sind zum einen Erfüllbarkeitsprobleme (zuvorderst MAX-3-SAT), zum anderen solche der Form MAX-Ek-LIN-G. Hier ist ein System von linearen Gleichungen über einer abelschen Gruppe G gegeben, mit genau k Variablen pro Gleichung. Gesucht ist die maximale Anzahl von Gleichungen, die mit einer Belegung erfüllt werden kann.

Ähnlich, wie NP-Vollständigkeitsbeweise durch Reduktion eines Problems auf ein bereits als NP-vollständig bekanntes geführt werden können, so ist ist möglich, Nichtapproximierbarkeit durch eine geeignete Reduktion (wenigstens teilweise) zu erhalten.

Wird dieser Weg gegangen, so liegt das Hauptproblem darin, einerseits die Reduktion so zu finden, dass sie Approximationseigenschaften so gut wie möglich erhält, andererseits auf ein Problem zu reduzieren, für welches gute Nichtapproximierbarkeitsergebnisse bekannt sind.

Nichtapproximierbarkeit des Steinerbaumproblems

Das Steinerbaumproblem stellt sich wie folgt: Gegeben ein Graph $G = (V, E)$, eine Metrik gegeben durch Kantengewichte $c : E \to \mathbb{R}$ und eine Teilmenge $T \subset V$ der Knotenmenge, die sogenannten Terminale. Gesucht wird ein kürzester Teilbaum in G, der T aufspannt.

Das bisher beste bekannte Nichtapproximierbarkeitsergebnis folgt durch eine Reduktion auf $NODE$-$COVER$-b, die Variante von Node-Cover auf gradbeschränkte Graphen [3].

Einer Idee von Papadimitriou und Vempala [4] folgend – sie verbessern die Nichtapproximierbarkeit für das metrische traveling salesman problem erheblich – geben wir eine Reduktion für das Steinerbaumproblem an, die direkt auf MAX-$E3$-LIN-2 reduziert, und somit die Nichtapproximierbarkeit besser erhalten kann.

Eine Publikation dieses Ergebnisses ist in Vorbereitung.

Ausblick

Reduktionen der oben genannten Art benutzten oft als einen wichtigen Bestandteil sogenannte Expandergraphen. Dies sind, grob gesprochen, dünne Graphen mit großem Zusammenhang.

Die Existenz solcher Graphen läßt sich mit probabilistischen Methoden relativ leicht zeigen, jedoch scheint eine explizite Konstruktion ungleich schwerer [5]. Fragen und Probleme in diesem Bereich werden meine Arbeit in der nächsten Zeit bestimmen.

Aktivitäten

- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs
- Forschungsseminar „Algorithmen und Komplexität“ an der HU mit Vortrag „Nichtapproximierbarkeit des Steinerbaumproblems “
- Fest-Kolloqium des Graduiertenkollegs / 25. BAT, 01.07.00 FU Berlin
- Tag der Informatik der HU Berlin, 04.05.00

Literatur

[1] S. Arora, C. Lund, R. Motwani, M. Sudan und M. Szegedy, *Proof verification and intractibility of approximation problems*, Proceedings of the 33rd Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, Pittsburgh, 1992, pp.14–23.

[2] J. Håstad, *Some optimal inapproximability results*, Proceedings of the 28rd Annual Symposium on Theory of Computing, ACM, 1997.

[3] P. Berman, M. Karpinsky , *On Some Tighter Inapproximability Results, Further Improvements* , Electronic Colloquium on Computational Complexity, Report No.65 (1998)

[4] C.H. Papadimitriou, S. Vempala, *On the Approximability of the Traveling Salesman Problem*, To appear in Proc. of the 32nd ACM Symposium on the theory of computing, Portland, 2000.

[5] A. Lubotzy, P. Philips, P. Sarnak, *Ramanujan graphs*, Combinatorica, 8, (1988) pp.261–277.