Inhaltsverzeichnis

1 Vorstellung

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 von drei Universitäten und dem Konrad-Zuse-Zentrum getragenen 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, Graphenalgorithmen und Graphentheorie, Geometrie 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.

Allgemeines. Das Graduiertenkolleg "ALGORITHMISCHE DISKRETE MATHEMATIK" besteht seit Oktober 1991 am Fachbereich Mathematik der Freien Universität und wird von den drei Berliner Universitäten – Freie Universität Berlin, Technische Universität und Humboldt-Universität – und dem Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik, Berlin getragen. Es finanziert sich aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und bietet ein Stipendium zur Promotion für die Dauer von zwei Jahren.
Ab April 1995 nehmen daran 12 Stipendiaten und 2 Postdoktoranden teil, die sich mit ihren Arbeiten nachfolgend vorstellen. Am Graduiertenkolleg beteiligen sich weiterhin z.Zt. ca. 20 Doktoranden als assoziierte Studenten. Für interessierte Studenten oder Externe besteht die Möglichkeit, sich in den Informations- und Veranstaltungsverteiler aufnehmen zu lassen.
Die nächste Ausschreibung für die Bewerbung zur Neuaufnahme als Promotionsstipendiat erfolgt voraussichtlich im Juni 1995. Der Studienbeginn ist jeweils der 1. April oder 1. Oktober des Jahres.

Kontakte/Informationen.
Beim Sprecher des Graduiertenkollegs:
Prof. Dr. Emo Welzl
Freie Universität Berlin
Institut für Informatik
FB Mathematik und Informatik
Takustraße 9, 14195 Berlin
Tel.: 030- 838 75 104
Fax: 030-838 75 109
E-mail: emo@inf.fu-berlin.de

Die Dozenten des Kollegs und ihre Fachgebiete

Prof. Dr. Helmut Alt, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, Takustr. 9, 14195 Berlin, Tel.: 838-75160, E-mail: `alt@inf.fu-berlin.de`
→ Algorithmische Geometrie, Geometrische Methoden in der Mustererkennung.

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

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

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

Prof. Dr. Rolf H. Möhring, Fachbereich Mathematik, Technische Universität Berlin, Str. des 17. Juni 136, D-10623 Berlin, Tel.: 314-26062, 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, E-mail: `proemel@informatik.hu-berlin.de`
→ Zufällige diskrete Strukturen, Graphenalgorithmen.

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

Prof. Dr. Emo Welzl, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, Takustr. 9, 14195 Berlin, Tel.: 838-75150, E-mail: `welzl@inf.fu-berlin.de`
→ Algorithmische Geometrie, Diskrete Geometrie.

Dr. Günter Ziegler, Fachbereich Mathematik, Technische Universität Berlin, Str. des 17. Juni 136, D-10623 Berlin, Tel.: 314-25728, E-mail: `ziegler@math.tu-berlin.de`
→ Diskrete Geometrie.

2 Lehrveranstaltungen – Sommersemester 1995

2.1 Kollegsveranstaltungen

2.1.1 Kollegsvorlesungen

Vorlesung des Graduiertenkollegs "Algorithmische Diskrete Mathematik"

Dozenten des Kollegs; Vorlesungszeit: Mo 14-16 Uhr; Veranstaltungsort: diverse, siehe Aushang.

INHALT: Die Dozenten und Gäste des Kollegs halten einführende Vorlesungen (in Blöcken von etwa 2-4 Stunden) zu speziellen Themen des Kollegs. Dazu gehören insbesondere algorithmische und diskrete Geometrie, algorithmische Kombinatorik, Codierungstheorie, Graphentheorie und Graphenalgorithmen, Gruppentheorie, kombinatorische Optimierung, konstruktive Approximation, Mustererkennung und zufällige diskrete Strukturen. Die Themen der Vorlesungen werden gesondert angekündigt. (Interessenten können sich auf über den Sprecher des Kollegs, Prof. Emo Welzl, auf einen Verteiler für das Verschicken der Ankündigungen setzen lassen.) Die Ankündigungen werden auch neben Raum 111 in der Takustr. 9 ausgehängt. Im Sommersemester 1995 sind folgende Vorträge geplant:

Montag, 10.04. 1995 TU Berlin
Wilfried Imrich, Universität Leoben
On the complexity of recognizing Hamming graphs and related classes of graphs

The main topic of the talk is a survey of recognition algorithms for Hamming graphs, retracts of Hamming graphs and isometric subgraphs of Hamming graphs. Special emphasis is given to the bipartite case in which these classes are reduced to binary Hamming graphs, median graphs and partial binary Hamming graphs.

Moreover, a new algorithm is presented that recognizes whether a given graph G is a Hamming graph, i.e. a Cartesian product of complete graphs, in linear time in the number m of edges of G. Previously this was only possible in O(m log m) time.

Many of the discussed algorithms are joint work with Sandi Klavzar from the University of Maribor, Slovenia.

Montag, 24. April 1995 TU Berlin
Maurice Queyranne, University of British Columbia
Contraction methods and the minimization of symmetric submodular set functions

Contraction methods have recently been the basis of effective algorithms for some graph connectivity problems. In particular, methods developed by Nagamochi and Ibaraki, Stoer and Wagner, Karger, Karger and Stein, and Matula allow fast exact and approximate solution of minimum cut problems. Symmetric submodular set functions form a natural extension of minimum cut functions.

We first show that a broad class of contraction methods, extending those of Karger and Stein and based on random sampling, are doomed to fail to minimize symmetric submodular set functions. We then describe a more elaborate contraction method, extending the minimum cut algorithm of Nagamochi and Ibaraki, and Stoer and Wagner, This purely combinatorial algorithm minimizes any symmetric submodular set function using $O(n^3)$ calls to a function value oracle (where n is the size of the ground set).

Finally, we show that two closely related problems are equivalent to minimizing a general (i.e., nonsymmetric) submodular function, a problem for which no purely combinatorial algorithm is known at the present. Given a symmetric submodular function g, the first problem is to find a subset which separates given elements s and t of the ground set, and with minimum g-value. The second problem is to minimize the sum of g and an arbitrary modular function; equivalently, this is the separation problem for the polymatroid defined by function g.

Montag, 8. Mai 1995 TU Berlin

Maurice Queyranne, University of British Columbia

Minimizing submodular functions on finite sublattices of product spaces

We consider the structure of sublattices of a product space (the product of a finite number of chains), and of submodular and modular functions defined on such sublattices. We provide a representation of a sublattice as the intersection of a small number of sublattices with special structure, introduced by Veinott and Topkis. Given a submodular (resp., modular) extension of f the whole product space S, with the property that the global minimum of the extension over S is in L. A consequence is the equivalence of modularity and separability for all functions defined on such sublattices. We combine the preceding results to provide a polynomial reduction of the problem of minimizing a submodular function f on a sublattice of a product space to that of minimizing a submodular set function. In particular, a submodular function that may be expressed on the sublattice as a polynomial of degree at most three may be minimized by minimum cut methods.
Joint work with Fabio Tardella, University degli Studi di Roma La Sapienza, Rome, Italy.

Montag, 15. Mai 1995 FU Berlin

Cornelis Hoede, Universität Twente

Wissensgraphen, eine neue Repräsentationsmethode für natürliche Sprachen

An der Universität Twente wurde eine Variante der Theorie der konzeptuellen Strukturen (ein Thema auf dem Gebiet der semantischen Netze) entwickelt. Diese Theorie wird beschrieben, wobei insbesondere die philosophischen Hintergruende der Wahl der Ontologie besprochen werden.

Von Interesse fuer Graphentheoretiker, Informatiker und Linguisten.

Sowie

Wohin geht die Graphentheorie? : Vermutungen.

Vor kurzem wurde eine Tagung in Twente gehalten. Deutsche und holländische Teilnehmer diskutierten, welche graphentheoretischen Probleme in Zukunft (vermutlich) von Bedeutung sein werden. Es wurde eine Liste von Vermutungen besprochen, die in dem Vortrag vorgestellt werden. Einige Probleme werden anhand eigener Resultate illustriert.

Von Interesse fuer Mathematiker, vor allem solche die auf der Suche nach graphentheoretischen Problemen sind.

Montag, 22. Mai 1995 FU Berlin
Erhard Behrends, Emo Welzl, Freie Universität Berlin
Markov-Ketten – Abzählen und Erzeugung zufälliger Elemente

Montag, 29. Mai 1995 FU Berlin
Rolf Klein, FernUniversität Hagen
Kompetitive Algorithmen

Ein Verfahren A zur Lösung eines Problems P unter unvollständiger Information heißt *kompetitiv mit Faktor c*, wenn für jedes Beispiel $p \in P$ gilt: Die Kosten der Lösung von p durch A sind höchstens c mal so hoch wie die Kosten einer optimalen Lösung von p, bei der vollständige Information vorliegt.

Zahlreiche on–line–Probleme erlauben kompetitive Lösungen. Zu den ältesten zählen die move–to–front–Regel für selbstanordnende Listen und der first–fit–Algorithmus beim Bin Packing; das letzte Beispiel zeigt, daß es gute, einfache kompetitive Algorithmen selbst für solche Probleme geben kann, deren optimale Lösung NP-hart ist.

Diese Vorlesung möchte eine Einführung in kompetitive Verfahren geben. Vorgestellt werden unter anderem das k–Server–Problem mit Paging als Spezialfall und die Technik des Verdoppelns der Suchtiefe. Wir streifen auch Fragen der Randomisierung und der Vorausschau.

Die Vorlesung ist weitgehend in sich abgeschlossen. Vorausgesetzt werden nur Kenntnisse aus den Grundvorlesungen über Algorithmen.

Sowie

Kompetitive Bahnplanung für Autonome Roboter

Bei der Bahnplanung für mobile Roboter stellen sich folgende Grundaufgaben: In einer unbekannten Umgebung ist ein zunächst noch nicht sichtbares Ziel zu finden; eine unbekannte Umgebung ist zu kartographieren; anhand einer Karte ist der eigene Standort zu bestimmen. Diese Aufgaben sollen so effizient gelöst werden, daß die entstehenden Kosten die Kosten einer optimalen Lösung höchstens um einen konstanten Faktor übersteigen können. In diesem Vortrag werden kompetitive Verfahren zur Lösung dieser Grundaufgaben vorgestellt.

Wir nehmen an, daß die Umgebung des Roboters durch ein einfaches Polygon beschrieben wird und daß er selbst punktförmig ist. Er verfügt über Sichtsensoren, die ihm zu jedem Zeitpunkt ein genaues Bild des momentan sichtbaren Teils seiner Umgebung vermitteln. Die Kosten einer Bewegung entsprechen der Länge des zurückgelegten Pfades.

Montag, 12. Juni 1995 HU Berlin
Walter Deuber, Universität Bielefeld
Wobbling bijections, Wackel Bijektion

A bijection f from X to Y, where X and Y are subsets of a metric space is a wobbling bijection if sup (x element of X) distance (f(x), x) is finite. X and Y are called equivalent if there exists a wobbling bijection.

We consider several problems:

- Characterize in a general way those sets which are equivalent to the grid in the Euclidean plane. This makes use of Hall's theorem and some general measure theoretic approach in geometry.
- Show that a rotated grid in R2 is equivalent to the grid itself. This makes use of continued fractions and rewriting systems in computer science.
- Characterize those discrete sets which are paradoxical in the Banach Tarski sense: X admits a decomposition into two sets Y and Z in such a way that X,Y and Z are equivalent. This uses exponential growth rate and some kind of a harem theorem.

Montag, 19. Juni 1995 TU Berlin
Ross McConnell, Amherst College
Substitution decomposition and transitive orientation

The transitive orientation problem consists of assigning directions to the edges of an undirected graph so that the resulting digraph is transitive. We have discovered an algorithm for solving it that runs in $O(n + m)$ time, where n is the number of nodes and m is the number of edges in the graph.

We use the result to get linear time bounds for deciding whether a graph is a permutation graph, for finding a maximum clique and minimum vertex coloring in comparability graphs, and for finding a maximum independent set and minimum clique cover in co-comparability graphs. The substitution decomposition of the graphs is a key ingredient in the algorithms.

This talk will be an introduction to the transitive orientation problem, some of its applications, and its relationship to substitution decomposition. It will describe a relatively simple $O(n + m \log n)$ algorithm for the problem. A later talk at 16:00 will describe how we modified this algorithm to get a linear time bound.

Sowie

Transitive orientation in linear time

This talk will be a continuation of the talk at 14:00. The $O(n + m \log n)$ algorithm of that talk leaves some choices of operations unspecified. It it also makes explicit a duality between the choices and incremental statements about autonomous sets in the graph. Because of this duality, we are able to use the steps of a linear-time substitution decomposition algorithm to guide the choices, thus obtaining an $O(n + m)$ bound on the transitive orientation problem. Both talks are based on joint work with Jeremy P. Spinrad, Vanderbilt University.

Montag, 26. Juni 1995 TU Berlin
Jan Arne Telle, Universität Bergen
Towards practical partial k-tree algorithms

Many graph problems which are NP-hard in general have linear-time solution algorithms when restricted to partial k-trees, equivalently graphs of treewidth bounded by k. These algorithms have two phases: recognition and subsequent dynamic programming on the tree-structure. We present a design methodology of practical algorithms for the second phase. This practicality accounts for dependency on the treewidth k of the computational complexity of the resulting algorithms. We also report on implementation and performance tuning of partial k-tree algorithms.

Montag, 3. Juli 1995 TU Berlin
Jan Arne Telle, Universität Bergen
Complexity of vertex partitioning problems in graphs

A *degree constraint* matrix D_q is a q by q matrix with entries being subsets of nonnegative integers. A *D_q-partition* in a graph G is a partition $V_1, V_2, ..., V_q$ of its vertex set such that for $1 \leq i, j \leq q$ we have $\forall v \in V_i : |N(v) \cap V_j| \in D_q[i, j]$ (where $N(v)$ indicates the set of neighbors of vertex v). We characterize a class of vertex partitioning problems, including variants of domination, packing and coloring problems, as optimizations over, or existence of, D_q-partitions in a graph. Several new graph parameters are introduced as generalizations of classical parameters. The computational complexity of vertex partitioning problems is studied in this unified framework, giving very general NP-completeness and polynomial-time solvable classes of problems, for both general graphs and restricted graph classes.

2.1.2 Kollegskolloquium

Kolloquium des Graduiertenkollegs "Algorithmische Diskrete Mathematik"

Dozent: Dozenten des Kollegs; Veranstaltungszeit: Do 16-17 Uhr, 2 stündig; Veranstaltungsort: Takustr. 9, Raum 005.

INHALT: Mitglieder und Dozenten des Kollegs sowie Gäste halten Vorträge zum Thema des Kollegs. Die einzelnen Vorträge im Kolloquium werden gesondert angekündigt. (Interessenten können sich über den Sprecher des Kollegs, Prof. Emo

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

2.2 Freie Universität Berlin

2.2.1 Vorlesungen

Computer-Graphik

Dozent: Alt; Vorlesungszeit: Mi, Fr 10-12 Uhr; Übungen: n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 051.

INHALT: Darstellung 3-dimensionaler Szenen im Rechner und deren Abbildung auf dem Bildschirm; geometrische Grundlagen; Enfternung verdeckter Kanten und Flächen; Beleuchtung und Schattierung: Erzeugung realistisch erscheinender Bilder durch "ray tracing" und "radiosity"; sonstige Methoden wie Konstruktion von Freiformflächen, Benutzung von Fraktalen usw. In den Übungen theoretische Aufgaben sowie kleinere Programmierprojekte.
Perspektiven: siehe Informationen im Semesterheft zum Studienschwerpunkt "Effiziente Algorithmen", erhältlich im Sekretariat Theoretische Informatik, Raum 111, Takustr. 9.

VORAUSSETZUNGEN: Vordiplom/Zwischenprüfung in Informatik, Mathematik o.ä.

LITERATUR: Foley/van Dam/Feiner/Hughes: Computer Graphics: Principles and Practice, 2. Ausg., Prentice Hall, 1990. Fellner: Computer-Grafik, BI-Wissenschaftsverlag, 1988.

Graphentheorie

Dozent: Felsner; Vorlesungszeit: Di, Do 14-16 Uhr, 3-stündig; Übungen: Felsner/Godau, n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 005.

INHALT: In dieser einführenden Vorlesung werden sowohl grundlegende Algorithmen als auch klassische theoretische Resultate der Graphentheorie behandelt. Einige Themen: Wege und Bäume, Färbungen, Matchings, Ramsey-Theorie, Flüsse in Netzwerken.

HINWEISE: Für die beiden kommenden Semester sind vertiefende Vorlesungen zu den folgenden Themen geplant:
Algorithmische Graphentheorie und perfekte Graphen
Flußtheorie, Algorithmen und Anwendungen.

String Matching: Theoretische Grundlagen und Algorithmen

Dozent: Hoffmann; Vorlesungszeit: Do 14-16 Uhr, 2-stündig; Übungen: n.V., 1-stündig; Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 051.

INHALT: String-Matching-Probleme, also das Suchen von Mustern oder Eigenschaften in Zeichenketten ist ein Teilgebiet der Informatik von großem theoretischen und praktischen Interesse. Man denke z.B. an Textverarbeitungsprogramme oder auch die Analyse von DNA-Sequenzen. Ziel der Vorlesung ist es, die Grundlagen dieses Gebiets darzustellen und die wichtigsten bekannten Algorithmen zu erläutern. Behandelt werden sollen: Exaktes und approximatives String Matching; Abstände zwischen Strings und gemeinsame Teilsequenzen; Suffix-Bäume; längste Wiederholungen in Strings. Hörern mit besonderem Interesse an Anwendungen in der Biologie sei auch der Besuch der Vorlesung "Ausgewählte Kapitel der Bioinformatik" empfohlen.

ZIELGRUPPE: Studenten der Mathematik/Informatik im Hauptstudium, Studenten anderer Fachbereiche mit Interesse an algorithmischen Fragestellungen.

VORAUSSETZUNGEN: Grundkenntnisse über Entwurf und Analyse von Algorithmen, bei Bedarf können diese auch in der Vorlesung/Übung erarbeitet werden.

PERSPEKTIVEN: Bei Interesse kann dieses Thema im WS 95/96 in Seminarform weitergeführt werden, um anhand von Originalarbeiten an aktuelle Forschungsthemen heranzuführen (siehe auch Informationen im Semesterheft zum Studienschwerpunkt "Effiziente Algorithmen", erhältlich im Sekretariat Theoretische Informatik, Raum 111, Takustr. 9).

LITERATUR: Aho, A.: Algorithms for finding patterns in strings, in Handbook of Theoretical Computer Science, Vol. A, Elsevier, 1992. Stephen, G.: String searching algorithms, World Scientific Publ., 1994.

Elementargeometrie

Dozent: Schulz; Vorlesungszeit: Di 14-16, Do 12-14 Uhr; Übungen: Schulz, Minne, n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Arnimallee 2-6, SR 032.

INHALT: Axiomatischer Aufbau der affinen und euklidischen Geometrie, Zusammenhang mit der Geometrie eines Vektorraums; Abbildungsgeometrie (s. au. Minimalstoffplan im Anhang).

Entwurf und Analyse von Algorithmen

Dozent: Wagner; Vorlesungszeit: Di, Do 10-12 Uhr; Übungen: Wagner/Godau, n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: Takustraße 9, Hörsaal.

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

ZIELGRUPPE: Studierende im Hauptstudium der Informatik und Mathematik.

PERSPEKTIVEN: weiterführende Vorlesungen/Seminare der Theoretischen Informatik, z.B. "Algorithmische Graphentheorie" im WS 94/95 sowie Diplom- und Examensarbeiten in der Theoretischen Informatik (siehe auch Informationen im Semesterheft zum Studienschwerpunkt "Effiziente Algorithmen", erhältlich im Sekretariat Theoretische Informati, Raum 111, Takustr. 9).

LITERATUR: Aho/Hopcraft/Ullmann: The Design and Analysis of Computer Algorithms, Addison-Wesley, 1974. Cormen/Leiserson/Rivest: Introduction to Algorithms, MIT-Press, 1990. Mehlhorn: Data Structures and Algorithms 1-3, Springer-Verlag, 1984.

Ausgewählte Kapitel der Bioinformatik

Dozent: Wernisch; Vorlesungszeit: Fr 14-16 Uhr; Übungen: Do 8-10 Uhr, 2- stündig; Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 049.

INHALT: Die Bioinformatik konzentriert sich auf die algorithmische Seite der Probleme, die sich beim Einsatz von Rechnern in der modernen biotechnologischen Forschung ergeben. Da sollte etwa die räumliche Faltung eines Proteins theoretisch vorhergesagt werden, oder das Andocken eines Moleküls an ein anderes möglichst wirklichkeitsnah simuliert werden. Ein weiteres Gebiet von rasch wachsender Bedeutung ist die Analyse von DNA-Sequenzen (hierzu sei auch die Vorlesung "String Matching (Nr. 19 557) empfohlen); das Zusammenfügen von DNA-Schnipseln zu einer vollständigen DNA-Sequenz; das Finden einer kleinsten Anzahl von Mutationsschritten, die zwei gegebene DNA-Sequenzen ineinander überführen; die Entwicklung eines Evolutionsbaums, der die tatsächlich vorliegenden Verwandtschaften am besten erklärt.
Wir werden algorithmische Hilfsmittel (etwa aus der algorithmischen Geometrie, aus der kombinatorischen Optimierung, numerische Verfahren) besprechen, die diese und ähnliche Probleme (teilweise) lösen (vollständige Lösungen sind selten).

PERSPEKTIVEN: siehe Informationen im Semesterheft zum Studienschwerpunkt "Effiziente Algorithmen" erhältlich im Sekretariat Theoretische Informatik, Raum 111, Takustr. 9.

VORAUSSETZUNGEN: Interesse an der Biologie (wenn auch nicht unbedingt weitgehende Kenntnisse), einfache Programmierkenntnisse für die Übungen.

LITERATUR: Hofestädt, R./Krückeberg, F./Lengauer, T. (Hrsg.): Informatik in den Biowissenschaften, Springer, 1993.

HINWEISE: An diesen Themen Interessierten sei der Besuch der Vorlesung "String Matching" von Frank Hoffman und des Seminars SSimulation von Biomolekülen" mit P. Deuflhard und Ch. Schütte nahegelegt.

2.2.2 Seminare

Diplomandenseminar

Dozent: Aigner, Brandt, Thiele; Veranstaltungszeit: Fr 14-16 Uhr; Veranstaltungsort: Arnimallee 3, SR 210.

Diplomanden- und Doktorandenseminar: Theoretische Informatik

Dozent: Alt/Welzl; Veranstaltungszeit: Di, Mi, Do, Fr 12-13 Uhr; Veranstaltungsort: Takustraße 9, SR 055.

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

Proseminar über Pattern Matching

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

INHALT: *Pattern Matching* im engeren Sinne bezeichnet das Suchen von Zeichenketten innerhalb von Zeichenketten bzw. das Vergleichen von Zeichenketten miteinander. Dies hat große praktische Bedeutung in der Textverarbeitung, in Datenbanken und bei Untersuchungen der DNA. In diesem Proseminar sollen derartige Suchprobleme, Vergleiche wie das Finden des größten gemeinsamen Teilwortes und auch das Finden des kleinsten umfassenden Wortes behandelt werden und hierzu verwendete Datenstrukturen sowie notwendige mathematische Hilfsmittel erarbeitet werden. Dabei wird auch auf die Anwendungen eingegangen. Zu ähnlichen Themen wird im Hauptstudium die Vorlesung "String Matching: Theoretische Grundlagne & Algorithmen" angeboten und was die biologischen Anwendungen angeht, wird – ebenfalls im Hauptstudium – die Vorlesung "Ausgewählte Kapitel der Bioinformatik" angeboten.

ZIELGRUPPE: Haupt- oder Nebenfachstudenten der Informatik im Grundstudium.

VORAUSSETZUNGEN: ALP III oder ähnliche Vorlesung.

PERSPEKTIVEN: siehe Informationen im Semesterheft zum Studienschwerpunkt "Effiziente Algorithmen", erhältlich im Sekretariat Theoretische Informatik, Raum 111, Takustr. 9.

LITERATUR: Cormen, T.H./Leiserson, C.E./Rivest, R.L.: Introduction to Algorithms, Kap. 34: String Matching, S. 853-885, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1990. Aho, A.: Algorithms for finding patterns in strings, in Handbook of Theoretical Computer Science, Vol. A, S. 256-300, Elsevier, 1992. Originalliteratur, die im Seminar verteilt wird.

Bildverarbeitung, Mustererkennung und Computervision

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

INHALT: Bildverarbeitung (Filtertechniken, Kantenverstärkung, Bildsegmentierung), Mustererkennung mit Algorithmen (Methoden beruhend auf Fourier-Transformation, Berechnung des Hausdorffabstandes), Mustererkennung mit neuronalen Netzen (Hopfieldnetzwerke, Dreischicktnetzwerke).

PERSPEKTIVEN: Ein Programmierpraktikum zu diesem Thema wird im WS 95/96 angeboten werden (siehe auch Informationen im Semesterheft zum Studienschwerpunkt "Effiziente Algorithmen" erhältlich im Sekretariat Theoretische Informatik, Raum 111, Takustr. 9).

VORAUSSETZUNGEN: Vordiplom Mathematik oder Informatik.

LITERATUR: wird in der Vorbesprechung verteilt. Interessant sind weiter: Grimson, W.E.L.: Object Recognition by Computer, MIT Press, 1990. Rojas, R.: Theorie der neuronalen Netze, Springer-Verlag, 1993.

Seminar über Geometrie/Kombinatorik

Dozent: Schulz, Lenz; Veranstaltungszeit: Di 16-18 Uhr; Veranstaltungsort: Arnimallee 3, SR 119.

INHALT: Es werden u. a. Artikel zur Theorie der fehlererkennenden Codes (Prüfzeichensysteme) vergeben. Themenvergabe schon ab Ende des Wintersemesters 94/95 möglich.

Ausgewählte Themen der medizinischen Bildverarbeitung

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

INHALT: Behandelt werden aktuelle Veröffentlichungen aus dem Gebiet der Bildverarbeitung. Der parallele Besuch der Vorlesung "Einführung in die medizinische Bildverarbeitung" (Nr. 19 562) wird empfohlen. Das Seminar wird am Ende des Semesters als Blockveranstaltung durchgeführt. Zwischenzeitlich erfolgt ein Koordinationstreffen aller Seminarteilnehmer sowie semesterbegleitende Einzelbetreuung. Die Themenvergabe erfolgt in der Vorbesprechung.

VORAUSSETZUNG: Vordiplom

LITERATUR: wird in Abhängigkeit vom vergebenden Thema festgelegt.

Seminar über Computergraphik

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

INHALT: Methoden der "photorealistischen" Computer-Graphik an Hand neuerer Publikationen.

VORAUSSETZUNGEN: Grundkenntnisse in der Computer-Graphik.

2.3 Humboldt-Universität zu Berlin

2.3.1 Vorlesungen

Algorithmische Graphentheorie

Dozent: Prömel; Vorlesungszeit: Di, Do 10-12 Uhr; Übungen: Prömel/Kreuter, Mi 10-12 Uhr, Do 12-14 Uhr; Veranstaltungsort: Lindenstraße 54a, Raum 015.

INHALT: Steiner-Bäume in Graphen, Expandergraphen, zufällige Graphen und randomisierte Algorithmen, Existenzbeweise und Derandomisierung.

HINWEISE: Fortsetzung der Vorlesung aus dem Wintersemester, ein Neueinstieg ist möglich; vorausgesetzt werden nur Grundkenntnisse aus der Graphentheorie.

2.3.2 Seminare

Forschungsseminar "Algorithmen und Komplexität"

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

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

Approximative und Randomisierte Algorithmen

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

INHALT: Für viele Probleme aus der Graphentheorie, der kombinatorischen Optimierung oder der Zahlentheorie gibt es keine Algorithmen, die in polynomieller Zeit eine optimale Lösung berechnen können. Da diese, meist $\mathcal{NP}$-vollständigen Probleme jedoch häufig in praktischen Anwendungen auftreten, ist man daran interessiert, effiziente Verfahren zu finden, die zumindest approximative Lösungen berechnen oder mit hoher Wahrscheinlichkeit eine optimale Lösung liefern. In diesem Seminar werden für eine Reihe von wichtigen Problemen, wie z.B. die chromatische Zahl eines Graphen, Hamilton-Kreise und Primzahltest approximative oder randomisierte Algorithmen vorgestellt.

LITERATUR: Motwani, R. Lecture Notes on Approximation Algorithms, Vol. I, sowie Zeitschriftenartikel

2.4 Technische Universität Berlin

2.4.1 Vorlesungen

Schnitte und Metriken

Dozent: Grötschel; Vorlesungszeit: Do 16-18 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, Raum MA 851.

INHALT: In dieser Vorlesung werden hauptsächlich Kegel und Polytope, die von Schnitten in Graphen und endlichen metrischen Räumen induziert werden, und damit zusammenhängende Optimierungsprobleme untersucht. Diese Fragestellungen haben Anwendungen in verschiedenen mathematischen und praktischen Bereichen, z. B. statistische Mechanik, VLSI-Design, Maß-und Wahrscheinlichkeitstheorie, Einbettbarkeit endlicher metrischer Räume in Banachräume. Die Vorlesung basiert auf Teilen eines in der Fertigstellung befindlichen Buches mit dem Titel "Cuts and Metrics" von Michel Deza, Martin Grötschel und Monique Laurent.

VORAUSSETZUNGEN: Kenntnisse in Polyedertheorie und linearer Optimierung.

HINWEISE: Es werden keine Scheine ausgegeben.

Geometrie der Zahlen

Dozent: Henk; Vorlesungszeit: n.V., Vorbesprechung am 05.04., 16 Uhr, Raum MA 613; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude; Raum MA 613

INHALT: Die Geometrie der Zahlen ist Ende letzten Jahrhunderts von Herman Minkowski entwickelt worden, indem er fundamentale zahlentheoretische Probleme in geometrische Fragestellungen übersetzte und mit geometrischen Mitteln löste. Seitdem hat sich diese "geometrische Sicht der Dinge" immer wieder als erfolgreich erwiesen.

In der Vorlesung soll ein Einblick in die "Idee der Geometrie der Zahlen" gegeben werden. Nach einer ausführlichen Einführung in die benötigten geometrischen Grundlagen (Gitter, Basen usw.) werden zuerst die sogenannten Fundamentalsätze von Minkowski über sukzessive Minima bewiesen. Die Bedeutung dieser Sätze liegt in ihren Anwendungen auf zahlentheoretische Probleme, z.B. wann gewisse Systeme von Linearformen ganzzahlige Lösungen besitzen.

Anschließend sollen "Packungsprobleme" diskutiert werden, d.h. wie "gut" läßt sich der Raum mit Translaten eines gegebenen konvexen Körpers ausfüllen unter den Voraussetzungen, daß die Translate sich nicht überlappen, und die Menge aller Translationsvektoren ein Gitter bilden. Der zentrale Satz in diesem Zusammenhang ist der Satz von Minkowski-Hlawka. Unter anderem werden wir für die Dimensionen 2 und 3 die besten Packungen für den Kreis bzw. die Kugel angeben. Diese Resultate stammen von Lagrange und Gauss.

LITERATUR: J.W.S. Cassels: An Introduction to the Geometry of Numbers, Springer, Berlin 1971. P.M. Gruber and C.G. Lekkerkerker: Geometry of Numbers, North-Holland, Amsterdam 1987. H. Minkowski: Geometrie der Zahlen, Teubner, Leipzig 1896. (Reprinted: Johnson, New York 1968).

Graphentheorie II

Dozent: Jung; Vorlesungszeit: siehe Aushang, 2-stündig; Übungen: n.V., 2-stündig; Veranstaltungsort: siehe Aushang.

INHALT: Fortsetzung der Graphentheorie I, insbesondere algebraische Aspekte.

2.4.2 Seminare

Polytope

Dozent: Richter-Gebert, Ziegler; Vorlesungszeit: Mi 14-16, Fr 10-12 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, Raum MA 309.

INHALT: Anhand vieler expliziter Beispiele soll eine Einführung in die Theorie der Polytope gegeben werden. Dabei wollen wir uns auf "niedrig-dimensionale" Polytope konzentrieren, die (halbwegs) im 3-dimensionalen Raum visualiert werden können. Für 3-Polytope werden wir den berühmten "Steinitz-Satz" beweisen. Dann untersuchen wir die Frage, wann ein gegebenes "Diagramm" als Projektion eines höherdimensionalen Polytops aufgefaßt werden kann. Dies führt uns zu den Begriffen von "Spannungen" und "Starrheit" von Polytopen und ihre Anwendungen. Wir diskutieren auch explizite Algorithmen, mit denen man für gegebene kombinatorische Typen eine Realisierung als Polytop finden kann.

Die 3-dimensionalen Untersuchungen bilden den Ausgangspunkt zu Konstruktionen im 4- und 5-dimensionalen Raum. Unser Ziel sind hier der "non-Steinitz-Satz" und der "Universalitätssatz" in Dimension 4.

LITERATUR: B. Grünbaum: Convex Polytopes, Interscience, London 1967. G. M. Ziegler: Lectures on Polytopes, Springer, New York 1995.

Rucksackprobleme

Dozent: Weismantel; Veranstaltungszeit: Di 16-18 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, Raum MA 367.

INHALT: Anhand von (mehrdimensionalen) Rucksackproblemen (Integer Programming) werden folgende Themenkreise behandelt:
Dynamische Programmierung; Approximationsalgorithmen sowie Approximationsschemata; effiziente Algorithmen für bestimmte Spezialfälle; die Theorie der gültigen Ungleichungen; die vollständige Beschreibung gewisser Polyeder; Bestimmung von Testmengen; Gröbner Basis Verfahren zur Lösung ganzzahliger Programmierungsaufgaben.

ZIELGRUPPE: Spezialvorlesung im Bereich Algorithmische Diskrete Mathematik. VL für Dipl.-Stdg. Math., Techno- u. Wirtsch. Mathe., Informatik sowie für Studenten des Graduiertenkollegs "Alg. Diskrete Mathematik" geeignet.

PERSPEKTIVEN: Vorlesung über "Integer Programming".

VORAUSSETZUNGEN: Kentnisse in linearer und kombinatorischer Optimierung sind erwünscht.

LITERATUR: Nemhauser/Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization (Wiley, New York); Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming (Wiley, New York); weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

HINWEISE: Es werden keine Scheine ausgegeben.

Polytope und lineare Programmierung

Dozent: Ziegler; Veranstaltungszeit: Di 14-16 Uhr; Veranstaltungsort: Mathematikgebäude, Raum MA 749

INHALT: “Lineare Programmierung” ist das Problem, von einem (durch lineare Ungleichungen gegebenen) Polyeder eine höchste Ecke zu finden. Das Problem ist theoretisch interessant, und praktisch äußerst wichtig.
In diesem Seminar wollen wir gemeinsam einige geometrische Aspekte des Themas diskutieren. Wir konzentrieren uns dabei auf Aspekte, die Algorithmen der linearen Optimierung, insbesondere den Simplex-Algorithmus, mit der Struktur von Polytopen (z. B. den Kantengraphen) in Beziehung setzen. Als Themen sind geplant:

- Primaler und dualer Simplex-Algorithmus und ihre Geometrie
- Degeneration, Zykeln, und Gegenmaßnahmen
- Pivotregeln: Geometrie und Kombinatorik
- die Klee-Minty Würfel und andere Bösartigkeiten
- Durchmesser und die Hirsch-Vermutung
- Zufällige Pivots und sub-exponentielle Schranken (Kalai, Welzl)

Dabei sollen ältere und aktuelle Aufsätze gelesen und vorgetragen werden, deren Ideen für die Probleme relevant sind, oder sein könnten.

LITERATUR: Vortragsthemen und Literatur werden in der Vorbesprechung/ersten Sitzung (4. April 1995, 16 Uhr, Raum MA 749), und bei späteren Gelegenheiten, ausgegeben.

3 Die Stipendiaten des Kollegs

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

Stephan Brandt, Dr., Freie Universität Berlin, Raum 106, Tel.: 838-75343, E-mail: brandt@math.fu-berlin.de.

Lutz Kettner, Freie Universität Berlin, Takustr. 9, Tel.: 838-75157, E-mail: kettner@inf.fu-berlin.de.

Ewa Malesińska, Technische Universität Berlin, Fachbereich Mathematik, Sekr. MA 812, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin.

Peter Niemeyer, Technische Universität Berlin, Fachbereich Mathematik, Sekr. MA 812, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Tel.: 314-24883.

Andreas Parra, Technische Universität Berlin, Fachbereich Mathematik, Sekr. MA 6-1, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Tel.: 314-21270, E-mail: parra@math.tu-berlin.de.

Jörg Rambau, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik, Heilbronner Str. 10, 10711 Berlin, Tel.: 89604-246.

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

Andreas Schulz, Technische Universität Berlin, Fachbereich Mathematik, Sekr. MA 6-1, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Tel.: 314-21270, E-mail: schulz@math.tu-berlin.de.

Regina Urbaniak, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik, Heilbronner Str. 10, 10711 Berlin, Tel.: 89604-246.

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

Jörg Zuther, Technische Universität Berlin, Fachbereich Mathematik, Sekr. MA 6-1, Str. des 17. Juni 136, 10623 Berlin, Tel.: 314-27756, E-mail: zuther@math.tu-berlin.de.

4 Semesterberichte der Stipendiaten

4.1 David Alberts

Name:	David Alberts
Betreuer:	Prof. Dr. Emo Welzl
Arbeitsbereich:	Algorithmische Graphentheorie
Thema:	Dynamische Graphalgorithmen

Stipendiat im Graduiertenkolleg seit April 1993

Darstellung des Promotionsthemas

In meiner Dissertation geht es um dynamische Graphalgorithmen, und zwar sowohl um theoretische als auch um praktische Aspekte. Ein dynamischer Graphalgorithmus erlaubt das Einfügen und Entfernen von Kanten (*updates*) in einem Graphen mit vorgegebener Knotenmenge und hält dabei eine bestimmte Grapheigenschaft aufrecht. Durch die Verwaltung einer zusätzlichen Datenstruktur wird dabei eine zumindest theoretisch bessere Laufzeit als durch einfaches Neuberechnen mit einem statischen Algorithmus nach jedem update erreicht. Die Grapheigenschaft wird über die Antworten auf Anfragen (*queries*) repräsentiert. Konkret wird zum Beispiel Zusammenhang betrachtet. Eine Anfrage enthält dabei in der Regel zwei Knoten und wird mit "Ja" beantwortet, wenn es im aktuellen Graph einen Weg gibt, der die zwei Knoten verbindet. Eine Grapheigenschaft kann aber auch durch eine Menge von Untergraphen des aktuellen Graphen definiert sein, wie z.B. seine maximum cardinality matchings. In dieser Variante wird jeweils ein solcher Graph aufrechterhalten.

Vorhaben für das SS 95

Im Sommersemester werde ich hauptsächlich mit letzten Programmierarbeiten, sowie dem Schreiben der Dissertation beschäftigt sein.

Auf der theoretischen Seite gibt es bisher eine allgemeine Methode zur Analyse der durchschnittlichen Laufzeit dynamischer Graphalgorithmen bzgl. eines flexiblen Modells zufälliger Kantenänderungen. Diese Methode ist ausgehend von einem früheren Manuskript von mir [1] in Zusammenarbeit mit Monika Rauch Henzinger entstanden. Sie wird im paper "Average Case Analysis of Dynamic Graph Algorithms" [2] beschrieben.

Auf der praktischen Seite gibt es bisher eine Implementation eines Algorithmus fuer dynamisches maximum cardinality matching in allgemeinen Graphen. Weiterhin implementiere ich einen neuen theoretisch sehr guten, noch unveröffentlichen dynamic connectivity-Algorithmus von Monika Rauch Henzinger und Valerie King. Es wird um die Gegenüberstellung von theoretischen Laufzeitschranken und praktischem Laufzeitverhalten bzgl. verschiedener Eingaben gehen. Es sollen Vergleiche mit theoretisch schlechteren aber einfacheren dynamischen bzw. statischen Algorithmen durchgefuehrt werden. Die Implementierungen werden in C++ teilweise mit LEDA, der Library of Efficient Data Types and Algorithms von Kurt Mehlhorn und Stefan Näher [3, 4], duchgefuehrt.

Aktivitäten im WS 94/95

- Teilnahme am Seminar über Flußprobleme von Frank Wagner an der FU Berlin.
- Vortrag "Durchschnittliche Laufzeit dynamischer Graphalgorithmen" beim 14. Berliner Algorithmentag (BAT) am 4. November 94.
- Teilnahme an der SODA 95 in San Francisco vom 22.–24. 1. 95. Vortrag "Average Case Analysis of Dynamic Graph Algorithms".
- Forschungsaufenthalt an der Cornell University bei Monika Rauch Henzinger in Ithaca, NY State, vom 25.–30. 1. 95.

Literatur

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

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

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

[4] S. Näher. *The LEDA User Manual, Version 3.1.* Max Planck Institute for Computer Science, 66123 Saarbrücken, Germany, 1995.

4.2 Stephan Brandt

Name:	Stephan Brandt
Betreuer:	Prof. Dr. Martin Aigner
Arbeitsbereich:	Graphentheorie
Thema:	Extremale Graphentheorie

Postdoktorand im Graduiertenkolleg seit Oktober 1994

Arbeitsgebiet

In der extremalen Graphentheorie sucht man nach Bedingungen an Graphen, die die Existenz gewisser Teilgraphen gewährleisten. Ursprünglich betrafen die untersuchten Bedingungen die Kantenanzahl des Graphen, inzwischen werden aber auch Grad- und Expansionsbedingungen untersucht und strukturelle Eigenschaften des Graphen mit einbezogen.

Ergebnisse

Kurz vor dem Abschluß steht eine gemeinsame Arbeit mit Ralph Faudree und Wayne Goddard [6] über schwach panzyklische Graphen, also Graphen, die Kreise aller Längen zwischen der des kürzesten und des längsten Kreises enthalten. Es gelang uns, die Gradschranke des bereits in meiner Dissertation [4] enthaltenen Ergebnisses, daß jeder nicht bipartite Graph mit p Ecken und Minimalgrad $\delta \geq (p+2)/3$ schwach panzyklisch ist, dahingehend zu erweitern, daß jeder 2-fach zusammenhängende Graph mit Minimalgrad $\delta \geq p/4 + c$ der einen ungeraden Kreis der Länge höchstens 5 enthält schwach panzyklisch ist. Das Ergebnis ist bestmöglich bis auf die Konstante c. Unser Beweis liefert eine Konstante von $c \approx 200$ während eine kleine Konstante (z. B. $c = 1$) ausreichen könnte.

Eine weitere Arbeit [8] zu diesem Themenkreis entstand aus Gutachtertätigkeit. Es handelt sich dabei um die Bestimmung der Funktion $f(p,r)$, der maximalen Kantenzahl eines hamiltonschen Graphen der Ordnung p, der keinen Kreis der Länge r enthält. Diese Frage ist eng verbunden mit Ergebnissen über panzyklische Graphen, aus denen sich ableiten läßt, daß $f(p,r) \leq p^2/4$ mit Gleichheit falls p gerade und r ungerade und $f(p,3) = (p-1)^2/4 + 1$ falls p ungerade. Die Arbeit enthält viele interessante untere Schranken für $f(p,r)$, das Hauptergebnis ist $f(p,5) = (p-3)^2/4 + 5$ für ungerade $p > 9$. Da ich als Gutachter einen wesentlich kürzeren Beweis für das Hauptergebnis fand, der Autor G. R. T. Hendry aber während des Gutachterprozesses verstarb, wurde ich gebeten, die Arbeit als Co-Autor zu überarbeiten, was im Berichtszeitraum geschah.

Schließlich entstand eine weitere Arbeit [5], die die bekannte Erdős-Sós Baum-Vermutung [7] für Graphen ohne Kreise der Länge 3 und 4 nachweist. Der Nachweis der (weniger bekannten) Wald-Vermutung von Erdős und Sós [7] erschien im Sommer 1994 [2].

Zur Veröffentlichung angenommen wurde, neben [5], auch die Arbeit [3], in der die maximale Kantenzahl $g(p,q)$ eines Graphen mit p Ecken, der *nicht* alle Graphen mit höchstens p Ecken und höchstens q Kanten als Teilgraphen enthält, für hinreichend große p exakt bestimmt wird. Das Ergebnis ist eine wesentliche Verschärfung einer Vermutung von Bollobás und Eldridge [1].

Projekte

Meine Absicht ist es, meinen Arbeitsbereich kontinuierlich zu erweitern. Neben einem verstärktem Augenmerk auf Expansionsbedingungen möchte ich geometrische Konzepte in meine Untersuchungen einbeziehen, insbesondere Planarität und Kreuzungseigenschaften. Darüber hinaus möchte ich die Untersuchung von dichten dreiecksfreien Graphen wieder aufnehmen, wobei algebraische Konzepte ein Rolle spielen könnten.

Aktivitäten

Vorträge

- Weakly pancyclic graphs, Kolloquium über Kombinatorik, Hamburg.
- Kreise vorgegebener Länge in hamiltonschen Graphen, Seminar zur Graphentheorie (TU).

Gutachten

- Artikel für Journal of Combinatorial Theory B, Journal of Graph Theory und Graphs & Combinatorics

Besuchte Veranstaltungen

- Einführung in randomisierte Algorithmen (Srivastav, FU)
- Seminar zur Graphentheorie (FU) (Betreuung von 4 Vorträgen)
- Seminar zur Graphentheorie (TU)
- Forschungsseminar zur algorithmischen Graphentheorie (HU)
- Vorlesung und Seminar des Graduiertenkollegs.

Literatur

[1] B. Bollobás und S. E. Eldridge, Packings of graphs and applications to computational complexity, J. Comb. Theory Ser. B **25** (1978), 105–124.

[2] S. Brandt, Subtrees and subforests of graphs, J. Comb. Theory Ser. B **61** (1994), 63–70.

[3] S. Brandt, An extremal result for subgraphs with few edges, Memorandum No. 1203, Universiteit Twente, erscheint in J. Comb. Theory Ser. B.

[4] S. Brandt, Sufficient conditions for graphs to contain all subgraphs of a given type, Dissertation, FU Berlin, 1994.

[5] S. Brandt und E. Dobson, The Erdős-Sós conjecture for graphs of girth 5, Preprintreihe Mathematik, FU Berlin Nr. A 94–26, erscheint im Tagungsband der Tagung in Kesztely 1993.

[6] S. Brandt, R. J. Faudree and W. Goddard, Weakly pancyclic graphs, in preparation.

[7] P. Erdős, Extremal problems in graph theory, in: Theory of Graphs and its Applications" (M. Fiedler, ed.), Academic Press, 1964, pp. 29–36.

[8] G. R. T. Hendry und S. Brandt, An extremal problem for cycles in hamiltonian graphs, submitted.

4.3 Lutz Kettner

Name:	Lutz Kettner
Betreuer:	Prof. Dr. Emo Welzl
Arbeitsbereich:	Algorithmische Geometrie
Thema:	3D-Interaktionstechniken

Stipendiat im Graduiertenkolleg seit Oktober 1994

Darstellung des Promotionsthemas

Meine Arbeit im Graduiertenkolleg habe ich damit begonnen, Ergebnisse aus meiner Diplomarbeit „Mathematisch-informationstheoretische Analyse von 3D-Metaphern“ [5] mit einem Artikel [6] zu veröffentlichen. Dabei haben sich weitere Resultate ergeben.

Dieser Artikel gibt eine Übersicht über 3D-Interaktionstechniken mit dem Schwerpunkt auf der Maus als zweidimensionalem Eingabegerät. Er präsentiert ein Klassifikationsschema, das die einheitliche Darstellung der in der Literatur beschriebenen Interaktionstechniken ermöglicht, und dessen Merkmalsraum ein hilfreiches Werkzeug zur Analyse und Entwicklung neuer Techniken darstellt.

Ein Schwerpunkt liegt auf Rotationstechniken, da die Abbildung der zweidimensionalen Eingabe auf die drei Freiheitsgrade einer Rotation im Raum besondere Probleme aufwirft. Die wichtigsten Beispiele sind in [1–3,8] beschrieben. Als Vorbereitung für empirische Untersuchungen habe ich eine theoretische Vorhersage der zu erwartenden Interaktionszeiten versucht. Dazu bietet sich Fitts' Gesetz an [7], das einen linearen Zusammenhang zwischen der Interaktionszeit und dem *Index of Difficulty* ID einer bestimmten Aufgabe herstellt. Die Konstanten in diesem Gesetz sind durch die menschliche Physiologie bestimmt und unterscheiden sich je nach Muskelgruppe, die an der Aufgabe beteiligt ist. Der Index ID wird durch die Geometrie der Aufgabenstellung festgelegt. In der ursprünglichen Form des Gesetzes wurde die Zeit untersucht, die ein Mensch benötigt, mit einem Stift über die Distanz A einen Streifen der Breite B zu treffen. Empirische Untersuchungen belegen den Zusammenhang $ID = \log_2(A/B + 1)$. Für diesen Zusammenhang existiert auch das plausible Modell der geometrischen Suche, das mit den bekannten Verzögerungszeiten der menschlichen Wahrnehmung und Reaktion die gemessenen Werte bestätigt.

Fitts' Gesetz wurde auf die Handhabung von verschiedenen Eingabegeräten und zweidimensionalen Aufgabestellungen, wie sie in Fenstersystemen auftreten, erfolgreich angewendet. Interaktionstechniken für Rotationen fügen häufig als weitere Abbildung eine Projektion hinzu. Ich habe Fitts' Gesetz auf obige Beispiele angewendet und konnte eine einfache Erweiterung zeigen, die für hinreichend kleine γ gilt:

$$ID = \log_2\left(\frac{A}{c\gamma} + 1\right)$$

A ist wiederum die Strecke der Handbewegung, γ der Toleranzwinkel, vergleichbar mit der Streifenbreite B, und die *Kontrollpräzision* c eine Größe, die von der aktuellen Position (x, y) und der Abbildung α der Interaktionstechnik abhängt, die die Position auf einen Winkel $\alpha(x, y)$ abbildet. Die Kontrollpräzision ist als Kehrwert des Betrages der partiellen

Ableitungen definiert: $\frac{1}{c} = |(\frac{d\alpha}{dx}, \frac{d\alpha}{dy})|$. Sie strebt gegen Null, wenn kleine Bewegungen in der Eingabe immer größere Änderungen im kontrollierten Winkel α bewirken. Für $c = 1$ spricht man von 1:1-Kontrolle.

Für obige Beispiele habe ich somit die theoretischen Interaktionszeiten vorhersagen können. Die genannten Rotationstechniken inklusive meiner Variationen unterscheiden sich erst deutlich für Winkel größer π. Für kleinere Winkel sind wahrscheinlich keine signifikant verschiedene, empirische Ergebnisse meßbar.

Im folgenden habe ich ein schon existierendes Programm zu einem Rahmen für verschiedene 3D-Interaktionstechniken umstrukturiert und nach C++ umgesetzt. Die Änderungen im Sinne eines objektorientierten Entwurfs sind dabei noch nicht abgeschlossen.

Ausblick

Es gibt viele Einflußfaktoren für die Qualität von 3D-Interaktion. Eine Reihe werden in [4] dargestellt. Wenn die Leistungsfähigkeit eines Rechners nicht ausreicht, geht dies meist auf Kosten der Bildwiederholrate. Dabei sind eine ganze Reihe anderer Techniken bekannt, wie die Reduzierung von Details, die erheblich weniger Qualitätsverluste verursachen, aber Programmieraufwand erfordern. In diesem Bereich möchte ich Algorithmen und Datenstrukturen untersuchen, die auch bei großen Datenmengen eine schnelle Interaktion mit der Objektwelt ermöglichen.

Aktivitäten im Wintersemester 1994/95

- ALCOM Equinoctial School on Computational Geometry, Buckow, September 18–24, 1994.
- Vorlesung: *Gitter, Codes und Graphen.* M. Aigner.
- Vorlesung: *Einführung in randomisierte Algorithmen.* A. Srivastav.
- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs.
- Gutachter für Symposium on Computational Geometry.
- Vorträge im Mittagsseminar über 3D-Interaktionstechniken.

Literatur

[1] Michael Chen, S. Joy Mountford, and Abigail Sellen. A study in interactive 3-D rotation using 2-D control devices. *ACM Transaction on Graphics*, pages 121–129, August 1988.

[2] Kenneth B. Evans, Peter P. Tanner, and Marceli Wein. Tablet-based valuators that provide one, two or three degrees of freedom. *Computer Graphics*, 15(3):91–97, 1981.

[3] Andrew J. Hanson. The rolling ball. In David Kirk, editor, *Graphics Gems III*, pages 51–60. Academic Press, 1992.

[4] Kenneth P. Herndon, Andries van Dam, and Michael Gleicher. The challenges of 3D interaction: A CHI'94 workshop. *SIGCHI Bulletin*, 26(4):36–43, October 1994.

[5] Lutz Kettner. Mathematisch-informationstheoretische Untersuchung von 3D-Metaphern. Diplomarbeit, Universität Karlsruhe, Institut für Betriebs- und Dialogsysteme, 21. Dezember 1993.

[6] Lutz Kettner. A classification scheme of 3D interaction techniques. to be submitted to *Human Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum, 1995.

[7] I. Scott MacKenzie. Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. *Human-Computer Interaction*, 7(1):91–139, 1992.

[8] Ken Shoemake. Arcball: A user interface for specifying three-dimensional orientation using a mouse. In *Proc. of Graphics Interface '92*, pages 151–156, 1992.

4.4 Regina Klimmek

Name:	Regina Klimmek
Betreuer:	Prof. Dr. Martin Aigner
Arbeitsbereich:	Graphentheorie
Thema:	Mittlere Abstände in Graphen / Kreisbedeckungen von Graphen

Stipendiatin im Graduiertenkolleg vom Oktober 1993 bis März 1995

Arbeitsgebiet und Probleme

Im vorigen Semester habe ich zum Thema Durchschnittsabstände in Graphen und Winklers $\frac{4}{3}$ - Vermutung, insbesondere im Fall 3-fach zusammenhängender Graphen gearbeitet. Da nun die Probleme auf diesem Gebiet asymptotisch gelöst sind, erschien es mir sinnvoll, meine Arbeit auf weitere graphentheoretische Fragestellungen auszudehnen und auch dort nach (zumindest) Teil- oder asymptotischen Lösungen zu suchen.

Eine Vermutung von Hajos (erwähnt in [1]) besagt, daß sich die Kantenmenge jedes eulerschen Graphen mit n Ecken (alle Ecken haben geraden Grad) in höchstens $\frac{n-1}{2}$ Kreise zerlegen läßt. Die Graphen K_n (n ungerade) und „Bäume" aus Dreiecken sind Beispiele für die Extremalität dieser Schranke. Bewiesen ist die Vermutung heute lediglich für planare Graphen und für solche mit Maximalgrad ≤ 4.([4])

Ausgehend von der Wege-Arborizitäts-Vermutung (Harary et al. 1981: Jeder d-reguläre Graph läßt sich in $\lceil\frac{d+1}{2}\rceil$ Wälder zerlegen, deren Komponenten Wege sind) stellt sich die Frage: Lassen sich die d-regulären Graphen mit d gerade auch so in 2-Faktoren zerlegen, daß die Anzahl der insgesamt entstehenden Kreise höchstens $\frac{n-1}{2}$ ist? Dies ist im regulären Fall eine etwas schärfere Version der Hajos-Vermutung.

Zusammen mit einem Matching, das aus jedem der Kreise eine Kante enthält, hätte man die gewünschte Zerlegung in $\frac{d}{2}+1$ Wege-Wälder.

Ich habe begonnen, für spezielle Graphenklassen zu zeigen, daß sie eine Zerlegung wie oben (Faktorisierung in wenige Kreise mit Matching) besitzen. Zum Beispiel bleibt die Eigenschaft unter Produktbildung von Graphen erhalten. Für Produkte von hamiltonsch zerlegbaren Graphen (Chung und Graham 1981) und für Cayleygraphen wird darüberhinaus vermutet, daß sie sich in Hamiltonkreise zerlegen lassen. (Über Zerlegungen von Graphen allgemein siehe [2])

Außerdem versuche ich allgemeiner, Bedingungen zu finden, unter denen sich die minimale Anzahl der Kreise einer Zerlegung eines eulerschen Graphen beschränken läßt.

Diejenigen eulerschen Graphen, die sich nur in eine eindeutige Zahl von Kreisen zerlegen lassen, habe ich charakterisiert. Sie sind planar und erfüllen die Hajos-Vermutung. Um diese zu beweisen reicht es mit Minimalitätsannahmen aus, wenn man zeigt: Jeder eulersche Graph, der sich in *verschiedene* Anzahlen von Kreisen zerlegen läßt, besitzt auch einen Kreis, der sich zu keiner minimalen Zerlegung erweitern läßt.

Aktivitäten

- November 94 Teilnahme am Kolloquium über Kombinatorik in Hamburg. Vortrag „Average Distance and vertex removal in 3 – connected Graphs"
- Zusammen mit T. Thiele und S. Brandt Betreuung des Seminars über Graphentheorie. Die von mir betreuten Themen waren Choosability (Wählbarkeit), Kanten– und totale Färbungszahl von Graphen (Übersichtsartikel [6])

Vorhaben

Geplant sind ein Aufenthalt in Wien bei H. Fleischner und die Teilnahme am Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization im Juni 1995. Außerdem plane ich eine Zusammenarbeit mit Dr. Frank Wagner zum Thema MinCut-Algorithmen.

Literatur

[1] L. Lovasz: *On Covering of Graphs*
Theory of Graphs (Hrsg. P. Erdös , G. O. Katona) 231 – 236; Academic Press, New York (1968)

[2] J. Bosak: *Decompositions of Graphs*
Kluver Acad. Publ (1990)

[3] J.A.Bondy: *Small Cycle Double Covers of Graphs*
Cycles and Rays (Montreal 1987) 21 – 40 NATO Adv. Sci. Inst. Ser. C 301 (1990)

[4] O. Favaron, M. Kouider: *Path Partitions and Cycle Partitions of Eulerian Graphs of Maximum Degree 4*
Stud.Sci.Math. Hung. 23 (1988) 237 – 244

[5] H. Fleischner *Eulerian Graphs and related topics*
Annals of Discrete mathematics 50 (1991); North Holland

[6] N. Alon *Restricted Colorings of Graphs*
Math. and Stat. (to appear)

4.5 Uwe Leck

Name:	Uwe Leck
Betreuer:	Prof. Dr. M. Aigner
Arbeitsbereich:	Kombinatorik
Thema:	Extremalprobleme für den Schatten in Posets

Stipendiat im Graduiertenkolleg vom 01.10.1992 bis 31.03.1995

Promotion

Am 6. Februar 1995 reichte ich meine Dissertation mit dem Titel "Extremalprobleme für den Schatten in Posets" ein. Die Gutachter sind Prof. Aigner (FU Berlin) und Prof. Katona (Ungarische Akademie der Wissenschaften). Die Disputation kann nach der Auslage der Gutachten im Sommersemester stattfinden.

Die in der Dissertation enthaltenen Ergebnisse verteilen sich auf drei Klassen von Posets: Boolesche Verbände und zwei Arten der Verallgemeinerung.

Im Kapitel über die Booleschen Verbände wird zunächst ein von Katona aufgeworfenes Problem gelöst. In Analogie zum Satz von Kruskal-Katona wird der Schatten uniformer Mengenfamilien minimiert, die zusätzlich ein Repräsentantensystem besitzen. Danach wird dieses Problem in einen allgemeineren Rahmen gebettet, indem der Begriff der Dichte uniformer Mengenfamilien eingeführt wird. Es finden sich Ergebnisse zu einigen interessanten Spezialfällen.

Der in Booleschen Verbänden oft hilfreiche Shifting-Operator wird auf beliebige Produkte von Ketten ausgeweitet, indem Shifting als zweidimensionale Kompression aufgefaßt wird. Dabei bleibt insbesondere die Eigenschaft des Shifting-Operators erhalten, den Schatten uniformer Teilmengen nicht zu vergrößern. Auf dieser Grundlage wird ein neuer Beweis des Satzes von Clements-Lindström angegeben. Desweiteren werden einige der Ergebnisse über repräsentierbare Teilmengen Boolescher Verbände auf Kettenprodukte ausgeweitet.

Für Potenzen von Sternen fanden Leeb und später Bezrukov eine schattenminimierende Ordnung der Elemente. In der Dissertation ist eine numerische Version ihres Resultats enthalten, d.h. eine Methode zur Berechnung der minimalen Schatten uniformer Teilmengen. Die schattenminimierende Ordnung wird auf beliebige Produkte von Sternen ausgedehnt. Außerdem wird ein Satz über repräsentierbare Teilmengen Boolescher Verbände auf Teilmengen von Sternpotenzen verallgemeinert.

Aktivitäten

Tagungen und Vorträge:

- *Conference on Combinatorics*,
  15. bis 16. November in Hamburg,
  Vortrag: On several generalizations of the Kruskal-Katona theorem.

Veröffentlichungen:

- *On the minimum size of the shadow of set systems having a SDR*, Preprintreihe Mathematik, FU Berlin, Nr. A 93-37

- *The density of uniform set systems*, Preprintreihe Mathematik, FU Berlin, Nr. A 93-38

- *Shifting for chain products and a new proof of the Clements-Lindström theorem*, Preprintreihe Mathematik, FU Berlin, Nr. A 94-16

- *A KK type theorem for products of stars*, in Vorbereitung.

- *A generalization of the KK theorem to the partial mappings semilattice*, in Vorbereitung.

Vorhaben

Gegenwärtig bereite ich einige in der Dissertation enthaltene Resultate zur Veröffentlichung vor.

Für eine relativ große Klasse von Posets wurde die Existenz einer schattenminimierenden Ordnung von Sergej Bezrukov (Bielefeld) nachgewiesen. Wie diese aussehen muß, ist anschaulich ziemlich klar. In nächster Zeit wollen wir gemeinsam den von ihm begonnenen Beweis beenden, daß diese Ordnung tatsächlich die behauptete Eigenschaft hat.

Nach dem Ausscheiden aus dem Graduiertenkolleg werde ich eine Stelle am Fachbereich Mathematik der Universität Rostock antreten.

4.6 Ewa Malesińska

Name:	Ewa Malesińska
Betreuer:	Prof. Dr. Rolf H. Möhring
Arbeitsbereich:	Algorithmische Graphentheorie
Thema:	Kombinatorische Probleme bei der Mobilfunknetzplanung

Stipendiatin im Graduiertenkolleg seit Mai 1994

Darstellung des Promotionsthemas

Das Frequenzzuweisungsproblem in der Mobilfunknetzplanung wird als eine Verallgemeinerung der Graphenfärbung betrachtet (s. [Pl'94]). Dabei wird in der Praxis beobachtet, daß die chromatische Zahl der Graphen, mit denen das Netz modelliert wird, entweder gleich oder annähernd gleich der Cliquenzahl ist. Daher ist die Untersuchung der chromatischen Zahl dieser Graphen, die als Schnittgraphen von konvexen Mengen in der Ebene verstanden werden können, interessant.

Dies motiviert das erste Ziel meiner Promotion, nämlich die Untersuchung der strukturellen und algorithmischen Eigenschaften von Schnittgraphen von verschiedenen Figuren auf der Ebene. Interessant ist hier die Frage nach der Existenz und der Größenordnung der *chromatic-binding function* f_χ, die den Zusammenhang zwischen der Cliquenzahl und der chromatischen Zahl beschreibt (s. [Gy'87]), sowie nach den Möglichkeiten der approximativen Färbung von Schnittgraphen. Ferner könnte ein Beweis der Vermutung von Berge (*strong perfect graph conjecture*) für einige Schnittgraphen mehr Einsicht in ihre Struktur liefern.

Ein anderer Schwerpunkt meiner Arbeit sind effiziente Frequenzzuweisungsverfahren, die entweder nach dem dynamischen Prinzip arbeiten (*Dynamic Channel Allocation* - DCA, s. z.B. [DV'93]), oder für ein Mobilfunknetz geeignet sind, in dem nur einige Sender Frequenzen dynamisch wählen können, während dem Rest die Frequenzen fest zugewiesen werden müssen.

Ergebnisse

Am Anfang des vergangenen Semesters habe ich die Untersuchung der *chromatic-binding function* f_χ fortgesetzt. Dabei wurden frühere Ergebnisse über Teilmengen der Graphen mit *boxicity* 2 und über *Unit Disk Graphen* (s. [GSW'94]) durch Resultate über *Double Disk Graphen* und Schnittgraphen von Polygonen mit beschränkter Eckenanzahl, ergänzt. Für die *Double Disk Graphen* (vgl. [GSW'94]) konnte ich zeigen, daß $\chi(G) \leq 35(\omega-1)+1$. Die zweite Graphenklasse ist deswegen von Interesse, weil jeder Graph ein Schnittmodell von konvexen Mengen in $\mathcal{R}^3$ hat, aber nicht immer von Mengen bzw. Polygonen in $\mathcal{R}^2$, und im letzteren Fall bleibt die Frage nach der Existenz der *chromatic-binding function* noch offen. In diesem Zusammenhang konnte ich zeigen, daß falls eine *chromatic-binding function* für Schnittgraphen von Geradensegmenten existiert, dann existiert auch eine solche Funktion für Schnittgraphen von konvexen Polygonen mit beschränkter Eckenanzahl.

Im Rahmen der Untersuchung von algorithmischen Eigenschaften der *Unit Disk Graphen* ist es mir gelungen die Zeitkomplexität des Algorithmus zur Bestimmung der maximalen Cliquengröße $\omega(G)$ auf $O(n\omega^3)$ zu reduzieren (vgl. [CCJ'90]). Darüberhinaus konnte ich, als Verallgemeinerung des Satzes über planare Separatoren von Lipton und Tarjan ([LT'79]), zeigen, daß man in *Unit Disk Graphen* einen $(4\sqrt{3n\omega}, \frac{2}{3})$-Separator in linearer Zeit finden kann und, daß die Größe von diesem Separator bis auf die Konstante optimal ist.

In letzter Zeit arbeite ich intensiv an einem Frequenzzuweisungsverfahren für ein Mobilfunknetz mit zwei Sendertypen: statischen und dynamischen. Der entwickelte heuristische Algorithmus weist den statischen Sender ihre Frequenzen so zu, damit die verbleibende dynamische Sender möglichst große Verkehrsmengen bewältigen können. Im Graphenmodell wird dafür ein Optimalitätskriterium so definiert, damit die Listen der erlaubten Farben für die Knoten, die den dynamischen Sender entsprechen, eine korrekte Zuordnung von möglichst vielen Farben (summiert über alle diese Knoten) ermöglichen. Wenn die minimale und maximale Anzahl der Farben, die jedem dynamischen Knoten zugewiesen werden sollen, durch eine Konstante beschränkt sind, kann das Kriterium in polynomialer Zeit für Graphen mit beschränkter Baumweite berechnet werden (ähnlich zu *list coloring* aus [JS'92]). Allerdings wird das Berechnen des Kriteriums bei nichtkonstanten Schranken fürs Maximum sogar für Bäume NP-vollständig.

Vorhaben

In nächster Zeit beabsichtige ich meine Arbeit an dem Frequenzzuweisungsverfahren fortzusetzen, den Algorithmus vollständig zu implementieren und zu testen. Danach möchte ich zu dem Studium von *Unit Disk Graphen* zurückkehren. Insbesondere werde ich die Möglichkeiten der Anwendung des Separatorentheorem sowie verbotene Subgraphen von *Unit Disk Graphen* untersuchen.

Um mein Studium der *chromatic binding function* zu vervollständigen, werde ich mich auch mit der Existenz der Funktion für die Schnittgraphen von Geradensegmenten auf der Ebene auseinandersetzen.

Aktivitäten

- Teilnahme an dem *Kolloquium über Kombinatorik* in Hamburg, 15-16 November 1994.
- Gutachten für *Discrete Applied Mathematics*
- Teilnahme an der Vorlesung von Dr. P. Scheffler *Algorithmen für perfekte Graphen*
- Vortrag im Oberseminar der AG Diskrete Mathematik über *Chromatische Zahl von einigen Schnittgraphen*

Literatur

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

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

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

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

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

[LT'79] R.J. Lipton, R.E. Tarjan. A separator theorem for planar graphs. *SIAM J. Appl. Math. 36* (1979), 177-189.

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

4.7 Peter Niemeyer

Name:	Peter Niemeyer
Betreuer:	Prof. Dr. H. A. Jung
Arbeitsbereich:	Graphentheorie
Thema:	Spezielle Automorphismen unendlicher Graphen

Stipendiat im Graduiertenkolleg seit Oktober 1993

Darstellung des Promotionsthemas

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

Vor diesem Hintergrund habe ich gemeinsam mit Prof. Jung Verfeinerungen der Enden-Relation untersucht [2]. Als sehr fruchtbar erwies sich hierbei der folgende Ansatz: Zwei einseitig unendliche Wege heißen *d-äquivalent*, falls ihr Hausdorff-Abstand endlich ist. Die Klassen dieser Äquivalenzrelation heißen *d-Fasern*. In lokalfiniten Graphen (Graphen, in denen jede Ecke von endlichem Grad ist) zerfällt jedes Ende, das keine d-Faser ist, in überabzählbar viele d-Fasern.

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

Ergebnisse

Im letzten Semester fand ich folgende Charakterisierung der beschränkten Automorphismen transitiver Graphen (Ein Automorphismus φ heißt *beschränkt*, falls es ein $M > 0$ gibt, so daß $d(v, \varphi(v)) \leq M$ für jede Ecke v des Graphen gilt): Die beschränkten Automorphismen bilden gerade den Kern der natürlichen Operation der Automorphismengruppe auf der Menge der d-Fasern des Graphen. Leider ist es mir trotz intensiver Bemühungen nicht gelungen dieses Ergebnis auf nicht-transitive Graphen zu verallgemeinern. So habe ich es in der zitierten Form aufgeschrieben und zur Veröffentlichung eingereicht [3].

In diesem Semester habe ich begonnen, lokale Eigenschaften unendlicher Graphen zu untersuchen. Ist H ein unendlicher Untergraph des Graphen X, so heißt $\varphi \in AutX$ *beschränkt bei* H, falls es ein positives M gibt, so daß $d(v, \varphi(v)) \leq M$ für alle Ecken v aus H gilt. Der Graph X heißt nun *transitiv in der Nähe von* H, falls es ein $K > 0$ gibt, so daß zu je zwei Ecken v und w aus H ein bei H beschränkter Automorphismus φ mit $d(v, \varphi(w)) \leq M$ existiert. Ich konnte nun einige für transitive Graphen klassische Resultate auch für Graphen, die in der Nähe eines unendlichen Untergraphen transitiv sind, beweisen.

In [4] hatte ich vermutet, daß das Produkt zweier Translationen (Automorphismen, die mit ausschließlich unendlichen Orbits auf der Eckenmenge des Graphen operieren) wieder eine Translation ist, falls beide Faktoren dieselbe Richtung haben. (Jeder Translation läßt sich eine eindeutige d-Faser als *Richtung* zuordnen.) In den letzten Wochen habe ich versucht diese Vermutung für die Klasse der transitiven Graphen polynomiellen Wachstums zu beweisen. Mit einem sehr tiefliegenden Ergebnis von Trofimov [6] reduziert sich dieses Problem auf den Fall, in dem die Automorphismengruppe des Graphen eine endlich erzeugte nilpotente Untergruppe N von endlichem Index enthält. Mit Methoden aus [1] konnte ich etwas weniger zeigen, daß nämlich in diesem Falle die Aussage für alle Translationen aus N richtig ist.

Ziele

Ich hoffe, daß ich demnächst den noch offenen Fall des oben skizzierten Problemes, und damit die Vermutung für die Klasse der transitiven Graphen polynomiellen Wachstums, lösen kann.

Schließlich möchte ich versuchen einige meiner bisherigen Ergebnisse auf nicht-lokalfinite Graphen zu verallgemeinern. Die Schwierigkeit besteht darin, daß die Enden solcher Graphen im Allgemeinen nicht in d-Fasern zerfallen.

Die Monate Mai bis August werde ich voraussichtlich an der Universität in Syracuse (New York) als Gast von Prof. M.E. Watkins verbringen.

Aktivitäten

- Teilnahme am *Kolloquium über Kombinatorik* in Hamburg mit Vortrag zum Thema *Bounded automorphisms of locally finite, transitive graphs.* (5.-6.11.94)
- Teilnahme am Graphentheorie Seminar von Prof. Jung mit Vortrag zum Thema *Translationen lokalfiniter Graphen.*
- Aufenthalt an der Montanuniversität Leoben (Österreich) auf Einladung von Prof. W. Imrich mit Vortrag zum Thema *Decomposing ends of infinite graphs.* (19.-23.3.95)

Literatur

[1] C.P. Bonnington, W. Imrich, N. Seifter, Geodesics in transitive graphs, preprint, (1995)

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

[3] P. Niemeyer, On bounded automorphisms of locally finite transitive graphs, Technical Report 397/1994, Technische Universität Berlin, (1994), submitted

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

[5] V.I. Trofimov, Automorphisms of graphs and a characterization of lattices, *Math. USSR Izv.* **22** *(1984) 379-391*

[6] V.I. Trofimov, Graphs with polynomial growth, *Math. USSR Sbornik* **51** *(2) (1985) 405-417*

4.8 Andreas Parra

Name:	Andreas Parra
Betreuer:	Prof. Dr. Rolf H. Möhring
Arbeitsbereich:	Algorithmische Graphentheorie und Ordnungstheorie
Thema:	Bestimmung von Graphenparametern

Stipendiat im Graduiertenkolleg seit Oktober 1993

Darstellung des Promotionsthemas

Die Baumweite, Pfadweite, Bandbreite oder Minimum Fill-In–Zahl sind Graphenparameter mit vielfältigen Anwendungen [1, 4, 2], deren algorithmische Berechenbarkeit sich jedoch i.allg. als $\mathcal{NP}$-harte Probleme herausgestellt haben. Meine Untersuchungen befassen sich mit strukturellen Eigenschaften von Graphen aus speziellen Klassen, die sich eingeschränkt auf die jeweiligen Klassen für die effiziente Bestimmung dieser Parameter ausnutzen lassen.

Drei unabhängige Ecken eines Graphen bilden ein *asteroidales Tripel*, wenn es zwischen je zweien einen Weg gibt, der keinen Nachbarn der dritten Ecke benutzt. Als eine für meine Zwecke ergiebige Graphenklasse haben sich die Graphen ohne asteroidale Tripel (kurz AT-freie Graphen) erwiesen, welche 'lineare' Graphenklassen wie beispielsweise Intervall- und Permutationsgraphen verallgemeinert [5, 7]. Die im letzten Semester gefundene Charakterisierung der $\subseteq$-minimalen Triangulierungen eines Graphen über seine minimalen Separatoren dient dabei als ein wichtiges Hilfsmittel. Eine *Triangulierung* eines Graphen ist ein chordaler Supergraph auf derselben Eckenmenge.

Ergebnisse

Mithilfe der oben erwähnten Charakterisierung der $\subseteq$-minimalen Triangulierungen eines Graphen gelang es zu zeigen, daß ein Graph genau dann AT-frei und $K_{1,3}$-frei ist, wenn jede seiner $\subseteq$-minimalen Triangulierungen ein echter Intervallgraph ist. Dieses Resultat hat mehrere Konsequenzen: Als erstes folgt die Gleichheit der Baumweite, Pfadweite und Bandbreite für Graphen aus dieser Klasse; zweitens kann man nun die Bandbreite für $K_{1,3}$-freie Trapezgraphen effizient bestimmen; und drittens impliziert das Resultat die $\mathcal{NP}$-Vollständigkeit des Bandbreite-Bestimmungsproblems für Komplemente von bipartiten Graphen und somit auch für Unvergleichbarkeitsgraphen. (Dieter Kratsch machte mich darauf aufmerksam, daß dieses Problem bisher offen war.) Desweiteren konnte ich zeigen, daß ein Graph genau dann P_k-frei ist (d.h., keinen induzierten Weg auf k Ecken hat), wenn jede seiner $\subseteq$-minimalen Triangulierungen P_k-frei ist, für $k \leq 5$. Für den Fall, daß $k \geq 6$, können Gegenbeispiele angegeben werden.

Projekte

Das letztgenannte Resultat wurde für $k = 4$ implizit bereits in [3] gezeigt. Es diente dort als Ausgangspunkt für einen Algorithmen zur Bestimmung der Baumweite bzw.

Pfadweite von Cographen. Es soll nun untersucht werden, ob sich für $k = 5$ ebenfalls solche Algorithmen ableiten lassen. Der Ansatz über $\subseteq$-minimale Triangulierungen läßt sich außerdem möglicherweise auf ähnliche Probleme wie die Bestimmung eines optimalen Ecken-Rankings anwenden [6].

Aktivitäten

Tagungen und Vorträge:

- Kolloquium über Kombinatorik, Hamburg, 15./16. November.
  Vortrag: On Minimal Triangulations of Graphs without Asteroidal Triples.
- Vortrag über Eigenschaften von AT-freien Graphen im Seminar des Graduiertenkollegs, 16. Januar.

Veröffentlichungen:

- A. Parra und P. Scheffler. How to Use the Minimal Separators of a Graph for Its Chordal Triangulation. Preprintreihe Mathematik No. 407, TU Berlin, 1994. Erscheint in *Proceedings 22th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP'95).*
- A. Parra und P. Scheffler. Treewidth Equals Bandwidth for AT-Free Claw-Free Graphs. Preprintreihe Mathematik No. 436, TU Berlin, 1994. Eingereicht bei *International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG'95).*
- A. Parra. Eine Klasse von Graphen, in der jeder Toleranzgraph ein beschränkter Toleranzgraph ist. *Abh. Math. Sem. Univ. Hamburg*, 64:125–129, 1994.

Besuchte Vorlesungen:

- Algorithmen für perfekte Graphen (von P. Scheffler).
- Vorlesung und Seminar des Graduiertenkollegs.

Betreuung eines Teilnehmers des Seminars über stochastische und deterministische Schedulingprobleme an der TU Berlin. Gutachtertätigkeit für ICALP'95.

Literatur

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

[2] H.L. Bodlaender, J.R. Gilbert, H. Hafsteinsson, and T. Kloks. Approximating treewidth, pathwidth and minimum elimination tree height. In G. Schmidt and R. Berghammer, editors, *Proceedings 17th International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG'91)*, pages 1–12. Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science, vol. 570, 1992.

[3] H.L. Bodlaender and R.H. Möhring. The pathwidth and treewidth of cographs. *SIAM J. Discrete Math.*, 6:181–188, 1993.

[4] P.Z. Chinn, J.Chvátalová, A.K. Dewdney, and N.E. Gibbs. The bandwidth problem for graphs and matrices — A survey. *J. Graph Theory*, 6:223–254, 1982.

[5] D.G. Corneil, S. Olariu, and L. Stewart. The linear structure of graphs: Asteroidal triple-free graphs. In J. van Leeuwen, editor, *Proceedings 19th International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG'93)*, pages 211–224. Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science, vol. 790, 1994.

[6] J.S. Deogun, T. Kloks, D. Kratsch, and H. Müller. On vertex ranking for permutation and other graphs. In *Proceedings 11th Annual Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS'94)*, pages 747–758. Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science, vol. 775, 1994.

[7] R.H. Möhring. Triangulating graphs without asteroidal triples. Technical Report 365, Fachbereich Mathematik, Technische Universität Berlin, 1993. To appear in *Discrete Appl. Math.*

4.9 Jörg Rambau

Name:	Jörg Rambau
Betreuer:	Prof. Dr. Günter M. Ziegler
Arbeitsbereich:	Diskrete Geometrie
Thema:	Polytopprojektionen

Stipendiat im Graduiertenkolleg seit dem 1. April 1994

Darstellung des Promotionsthemas

Einleitung

In der umfangreichen Theorie der konvexen Polytope (siehe zum Beispiel [7] für einen ausführlichen Überblick) sind die Eigenschaften — insbesondere die kombinatorischen — der strukturerhaltenden Abbildungen zwischen Polytopen (Einschränkungen affiner Abbildungen der umgebenden euklidischen Räume) noch nicht ernsthaft studiert worden.

In diesem Zusammenhang studiere ich derzeit die folgenden Objekte genauer:

- durch Polytopprojektionen induzierte polyedrische Unterteilungen,
- Abbildungspolytope.

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

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

Induzierte Unterteilungen

Jede surjektive affine Projektion von Polytopen $\pi : P \to Q$ induziert eine Menge von Unterteilungen von Q: man nehme einen Teilkomplex $\mathcal{F}$ des Randes von P mit bestimmten Eigenschaften[2], so daß seine Projektion ganz Q überdeckt; diese Projektion definiert eine polyedrische Unterteilung von Q. Man interessiert sich nun für die Menge aller dieser Komplexe $\mathcal{F}$, genannt *lokal-kohärente Bänder*, die solche *induzierten Unterteilungen* definieren.[3] Wenn die Projektionen von je zwei Ecken verschieden sind — d. h. die Projektion ist *nicht-degeneriert* —, so entsprechen die lokal-kohärenten Bänder genau den induzierten Unterteilungen.

[1] Z. B. kann eine nicht zusammenhängende Halbordnung natürlich nicht durch Verzweigung durchsucht werden (vgl. auch Björner [4]).

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

[3] Vgl. [2], [3], [12], [14] für ausführlichere Informationen.

Die *lokal-kohärenten Bänder* bilden eine teilgeordnete Menge durch die Halbordnung "$\mathcal{F} \leq \mathcal{F}'$ genau dann, wenn $\bigcup \mathcal{F} \subseteq \bigcup \mathcal{F}'$ ". Für eine nicht-degenerierte Projektion entspricht das der Halbordnung durch *Verfeinerung* in der Menge der induzierten Unterteilungen. Wenn P ein Simplex ist, untersucht man also genau den Raum *aller* Triangulierungen von Q bezüglich *bistellarer Äquivalenz* [5, 8, 9].

In dieser Situation beschäftige ich mich mit der folgenden Vermutung, insbesondere mit den Spezialfällen "P ist ein Simplex" bzw. "P ist ein Hyperwürfel":

Verallgemeinerte Baues-Vermutung
(Billera, Kapranov, Sturmfels (1991)):
Der Homotopietyp der Halbordnung aller lokal-kohärenten Bänder ist der einer Sphäre der Dimension $\dim P - \dim Q - 1$. *Die Inklusion des sphärischen Teilkomplexes aller global kohärenten Bänder* (siehe [2]) *ist eine Homotopieäquivalenz.*

Abbildungspolytope

Der Raum aller affinen Abbildungen von einem Polytop P in ein Polytop Q ist wieder ein Polytop der Dimension $(\dim P + 1) \cdot \dim Q$ (vgl. Ziegler [14]), das *Abbildungspolytop* $\Phi(P, Q)$. Diese Konstruktion ist sehr universell. Wichtige Polytopkonstruktionen können als Abbildungspolytope aufgefaßt werden: beispielsweise erhält man so eine Version des Polaren eines Polytops, die nicht von der Einbettung abhängt.

Gesucht werden hier Strukturtheoreme von der Art

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

bzw.

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

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

Stand der Forschung

Einige Spezialfälle der verallgemeinerten Baues-Vermutung sind bewiesen worden:

- der Fall $\dim Q = 1$ (die originale Baues-Vermutung) [2],
- der Fall $\dim Q = 2$, wenn P ein Simplex ist [2],
- *euklidische Matroid-Programme.*[4]
- der Fall $\dim P - \dim Q = 2$ [11]

[4] Siehe Sturmfels und Ziegler [13] für den Zusammenhang mit Hyperwürfelprojektionen.

In der allgemeinsten möglichen Formulierung haben wir die Vermutung bereits im Sommersemester 1994 widerlegt. Das dortige Gegenbeipiel — eine Polytopprojektion eines 5-Polytops P mit 19 Ecken und 99 Facetten auf ein Dreieck Q, deren Halbordnung aller induzierten Unterteilungen ein isoliertes Element hat, — ist jedoch degeneriert, d. h. Rückschlüsse auf die Halbordnung der induzierten Unterteilungen waren bisher nicht möglich.

Für Abbildungspolytope gibt es bisher nur ein paar Beispiele in der Literatur (z. B. Ziegler [14]), Struktursätze sind bisher nicht veröffentlicht worden.

Neue eigene Ergebnisse

Durch genauere Untersuchung des im Sommersemester '94 gefundenen Gegenbeispiels zur verallgemeinerten Baues-Vermutung konnte ein neues, sehr übersichtliches Beispiel konstruiert werden: eine Polytopprojektion eines 5-Polytops P mit 10 Ecken und 36 Facetten auf ein Dreieck Q, ebenfalls mit einem isolierten Element in der Halbordnung der lokal-kohärenten Bänder.

Daraus konnte nun eine nicht-degenerierte Projektion eines simplizialen, 2-nachbarschaftlichen 5-Polytops P mit 10 Ecken und 42 Facetten konstruiert werden, deren Halbordnung der lokal-kohärenten Bänder — und damit auch die Halbordnung der induzierten Unterteilungen — mindestens zwei Zusammenhangskomponenten hat[5].

Alle dazu nötigen theoretischen Überlegungen liegen nun in aufbereiteter Form vor und enthalten schon in sich nützliche Resultate über die Struktur von Polytopprojektionen.

Diese Ergebnisse liegen als Preprint Nr. 429/1995 der TU Berlin vor.

Ausblick

Die Untersuchungen zur Verallgemeinerten Baues-Vermutung in den wesentlichen Spezialfällen

- P ist ein Simplex (entspricht Räumen von *Triangulierungen* [1]),
- P ist ein Hyperwürfel (enspricht *Erweiterungsräumen von orientierten Matroiden* [13])

bleiben — wenn auch nebenbei — in Arbeit. Ein neuer erfolgversprechender Ansatzpunkt ist eine Arbeit von Edelman & Reiner [6] im Zusammenhang mit Triangulierungsräumen von *zyklischen Polytopen*.

Außerdem möchte ich mich verstärkt der *Kombinatorik* von Abbildungspolytopen und verwandten Konstruktionen widmen.

Aktivitäten im Wintersemester

- Vorlesung und Kolloquium des Graduiertenkollegs,

[5] Siehe R. und Ziegler [11] für Details.

- Vortrag im Kolloquium des Graduiertenkollegs "Ein Gegenbeispiel zur verallgemeinerten Baues-Vermutung" am 24.10.94, ZIB-Berlin,
- Seminar "Offene Probleme in der Polytoptheorie" bei Günter M. Ziegler und Jürgen Richter-Gebert, TU Berlin,
- "Sächsischer Geometrietag" am 11.11.94 in Dresden mit Vortrag,
- "Kolloquium über Kombinatorik" am 05/06.11.94 in Hamburg mit Vortrag,
- "Algebraic and Geometric Combinatorics" vom 05. – 11.02.95 in Oberwolfach mit Vortrag.
- "Algebraic Combinatorics Rencontre" vom 12. – 16.03.95 in Straßburg (geplant).

Vorhaben im Sommersemester

- Seminar "Polytope und lineare Optimierung" bei Günter M. Ziegler

Literatur

[1] Louis J. Billera, Paul Filliman, and Bernd Sturmfels. Constructions an complexity of secondary polytopes. *Advances in Mathematics*, 83:155–179, 1990.

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

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

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

[5] Jesús de Loera. Computing regular triangulations of point configurations. Draft.

[6] Paul H. Edelman and Victor Reiner. The higher Stasheff-Tamari posets. Preprint 1995.

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

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

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

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

[11] Jörg Rambau and Günter M. Ziegler. Projections of polytopes and the Generalized Baues Conjecture. Preprint TU Berlin, in Druck, 1995.

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

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

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

4.10 Frank Recker

Name:	Frank Recker
Betreuer:	Prof. Dr. Martin Aigner
Arbeitsbereich:	Kombinatorik
Thema:	Suchprobleme

Stipendiat im Graduiertenkolleg seit Oktober 1994

Darstellung des Promotionsthemas

Suchprobleme treten in vielen Anwendungen auf. Eine davon ist der Test auf eine Infektion bei vielen Patienten. Anstatt jede Blutprobe einzeln zu untersuchen, werden zunächst mehrere Proben zusammengemischt, und auf einmal getestet. Nur bei einem positiven Ergebniss, werden die einzelnen Proben weiter getestet. Hiebei hängt es von der Suchstrategie ab, ob die Proben nun einzeln getestet werden, oder wieder teilweise zusammengemischt werden. Es zeigt sich, daß dieses Vorgehen bei einer geringen Infektionswahrscheinlichkeit des Einzelnen günstiger ist, als der Individualtest.

Mathematisch lassen sich Suchprobleme wie folgt definieren: Gegeben sei eine Menge S, eine natürliche Zahl $k \geq 2$ und eine Familie von Funktionen $\mathcal{F} \subset \{f : S \to \{0, \ldots, k-1\}\}$. In der Menge S existiert ein unbekanntes Element x^*. Nach dem wählen einer Funktion $f \in \mathcal{F}$ erhält man als Antwort $f(x^*)$. Das Ziel ist es, so lange zu Fragen, bis x^* eindeutig bestimmt ist.

Zunächst lassen sich die Suchprobleme nach ihrer Zielsetzung unterscheiden. Entweder soll der "worst case" minimiert werden, oder bei gegebener Wahrscheinlichkeit auf S der "average case".

Die nächste Unterscheidung betrifft die Wahl der Testfunktionen $f \in \mathcal{F}$. In einem statischen Modell werden die Funktionen im vorraus festgelegt, während im dynamischen Fall nach jeder Antwort die nächste Frage neu gewählt wird.

Die größten Unterschiede ergeben sich jedoch aus der Menge von zugelassenen Testfunktionen $\mathcal{F}$. Hier können sich aus den Anwendungen die unterschiedlichsten Einschränkungen ergeben.

Ergebnisse

Ich habe begonnen, die Suche in Bäumen nach einem bestimmten Blatt zu untersuchen. Als zuläßige Fragen sind jeweils Teilbäume erlaubt. Die Antwort lautet "Ja", falls das gesuchte Blatt in dem Teilbaum ist und sonst "Nein". Damit ist im obigen allgemeinen Modell $k = 2$. Für binäre Bäume ist dies Problem in [3] gelöst. Um den allgemeinen Fall eines (n, q)-Baums[6] zu untersuchen, habe ich die Suche, wie in [1] beschrieben, als Strategiespiel programmiert. Spieler A wählt einen Teilbaum aus. Spieler B antwortet "Ja" oder "Nein". Spieler A versucht die Anzahl der Fragen zu minimieren, während

[6] Ein Baum mit n Blättern und jeder innere Knoten hat maximal q Söhne.

Spieler sie maximieren will. Damit habe ich für einige Bäume die notwendigen Anzahl an Fragen erhalten.

Vorhaben

- Ich werde versuchen, den Beweis aus [3] auf beliebige Bäume zu übertragen. Dafür ist es zunächst nötig, zu gegebenem n, q und t diejenigen (n, q)-Bäume zu finden, bei denen nach t Fragen die Anzahl der möglichen Blätter maximal wird.

- Sei für einen (n, q)-Baum T und $t \geq 0$ $p(T, t)$ die Anzahl der Blätter, die bei optimaler Suchstrategie nach t Fragen noch als mögliche x^* in Frage kommen. Dann scheint die Sprungfunktion

$$m_k = \min \{n \in \mathbb{N} | \text{es gibt einen } (n, q)\text{-Baum } T, \text{ mit } p(T, t) = k\}$$

  eine sehr regelmäßige Struktur zu haben. Dies könnte Ideen für Suchstrategien bei speziellen Bäumen liefern.

Aktivitäten im WS 94/95

Tagungen:

- Vortrag beim "Colloquium on Combinatorics" in Hamburg

Vorlesungen und Seminare:

- Vorlesung "Einführung in randomisierte Algorithmen" bei Anand Srivastav
- Seminar über Graphentheorie bei Aigner, Thiele
- Vorlesung und Seminar des Graduiertenkollegs

Literatur

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

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

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

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

4.11 Andreas Schulz

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

Stipendiat im Graduiertenkolleg seit Oktober 1993

Darstellung des Promotionsthemas

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

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

Ergebnisse

Für viele in polynomialer Zeit lösbare kombinatorische Optimierungsprobleme existieren primale Algorithmen, die, ausgehend von einer zulässigen Startlösung, sukzessive neue zulässige Lösungen mit jeweils besserem Zielfunktionswert generieren. Diese Algorithmen lösen in jeder Iteration ein *Augmentierungsproblem*:

> Gegeben ein Zielfunktionsvektor $c \in \mathbb{Z}^n$ sowie eine zulässige Lösung $x^{\text{old}} \in \mathbb{Z}^n$, finde eine zulässige Lösung $x^{\text{new}} \in \mathbb{Z}^n$ mit $cx^{\text{new}} > cx^{\text{old}}$ oder stelle fest, daß ein solches x^{new} nicht existiert.

Die meisten primalen Algorithmen benötigen in jeder Iteration eine spezielle Wahl des Augmentierungsvektors $x^{\text{new}} - x^{\text{old}}$, um die gesamte Anzahl an Iterationen polynomial beschränken zu können. Es konnte überraschenderweise gezeigt werden, daß das Optimierungsproblem:

> Gegeben ein Zielfunktionsvektor $c \in \mathbb{Z}^n$, finde eine zulässige Lösung $x^* \in \mathbb{Z}^n$, die cx maximiert.

für den Fall, daß die zulässigen Lösungen durch 0/1–Vektoren repräsentiert werden können, in stark polynomialer Zeit gelöst werden kann, wenn ein Orakel, welches das Augmentierungsproblem löst, gegeben ist. Umgekehrt läßt sich, gegeben ein Optimierungsorakel, immer ein irreduzibler Augmentierungsvektor in polynomialer Zeit bestimmen, wobei ein Augmentierungsvektor irreduzibel heißt, wenn er nicht als Summe zweier Augmentierungsvektoren dargestellt werden kann. Dies rechtfertigt insbesondere die Suche nach problemspezifischen irreduziblen Augmentierungsvektoren – auch bei $\mathcal{NP}$–schweren Problemen.

Für den allgemeinen Fall (nur die Beschränktheit der Menge der zulässigen Lösungen wird vorausgesetzt) läßt sich zeigen, daß das Optimierungsproblem in polynomialer Zeit gelöst werden kann, sofern das Augmentierungsorakel den bezüglich der zur Kardinalität der Trägermenge des Augmentierungsvektors in Relation gesetzten Zielfunktion besten Augmentierungsvektor liefert. Diese Resultate wurden in Zusammenarbeit mit Robert Weismantel und Günter M. Ziegler erzielt.

Wenn in Verallgemeinerung des *Assignment Polytops* die konvexe Hülle all jener Zuweisungen von Jobs mit beliebigen Bearbeitungsdauern zu Startzeiten – beschrieben durch 0/1–Inzidenzvektoren – betrachtet wird, die zulässige Lösungen des 1–Maschinen Scheduling Problems induzieren, so ist das *verallgemeinerte Permutaeder* (die konvexe Hülle aller zulässigen Fertigstellungszeitvektoren des zugrundeliegenden Sequencing Problems) eine affine Abbildung dieses *verallgemeinerten Assignment Polytops.* Dieses Resultat generalisiert nicht nur die wohlbekannte Tatsache, daß das *Permutaeder* ein affines Bild des Assignment Polytops ist, sondern ist insbesondere auch hinsichtlich des Vergleichs der Güte der Schranken, die bei Verwendung dieser Polytope im Rahmen von problemspezifischen Schnittebenenverfahren erzielt werden können, relevant. Zudem konnten einige der strukturellen Resultate von van den Akker, van Hoesel und Savelsbergh (Memorandum COSOR 93–27, Eindhoven University of Technology, 1993) über das wie oben beschrieben verallgemeinerte Assignment Polytop auf die konvexe Hülle derartiger Inzidenzvektoren zulässiger Lösungen bei Vorhandensein mehrerer identischer Maschinen erweitert werden.

Eines der am meisten untersuchten Probleme der Kombinatorischen Optimierung ist das *Traveling Salesman Problem.* Mit Hilfe dieses Modells können viele reale Situationen beschrieben werden, oft treten jedoch zusätzliche Restriktionen auf. Ein Typ solcher Restriktionen sind sogenannte Zeitfenster. Hier wird mit jedem Knoten ein Zeitintervall assoziiert, innerhalb dessen jeder Knoten in einer zulässigen Tour zu besuchen ist. Inspiriert durch eine Diskussion mit Egon Balas konnten mehrere Klassen gültiger Ungleichungen für das mit diesem Problem assoziierte Polytop konstruiert werden.

Vorhaben

- Erweiterung der zuvor dargestellten Resultate bezüglich Optimieren und Augmentieren auf ganzzahlige Variablen, die nicht notwendig durch in der Inputdimension polynomial beschränkte Werte beschränkt sind.

- Anwendung der hinsichtlich Optimieren und Augmentieren erzielten Resultate auf spezielle kombinatorische Optimierungsprobleme (vor allem auf Scheduling Probleme), insbesondere Charakterisieren irreduzibler Augmentierungsvektoren.

Aktivitäten:

Vorträge

- Vortrag über "Polyedrische Charakterisierung von Scheduling Problemen" während der *Studentenkonferenz Mathematik 1994* vom 23.09. – 24.09.1994 an der Gerhard–Mercator–Universität Gesamthochschule Duisburg
- Vortrag über "Time–Indexed Models in Scheduling" innerhalb des Oberseminars der Arbeitsgruppe *Diskrete Mathematik*, Technische Universität Berlin (24.11.1994)
- Vortrag über "0/1–Polytope" innerhalb des Seminars *Offene Probleme der Polytoptheorie* an der Technischen Universität Berlin (29.11.1994)
- Vortrag über "All 0/1 Polytopes are TSP Polytopes" innerhalb des Oberseminars der Arbeitsgruppe *Diskrete Mathematik*, Technische Universität Berlin (15.12.1994)
- Vortrag über "An Oracle–Polynomial Time Algorithm for Integer Programming" innerhalb des Oberseminars der Arbeitsgruppe *Diskrete Mathematik*, Technische Universität Berlin (07.02.1995)

Veröffentlichungen

- A. S. Schulz, "The Permutahedron of Series–Parallel Posets", *Discrete Applied Mathematics* 57 (1995), 85 – 90.
- A. von Arnim and A. S. Schulz, "Facets of the Generalized Permutahedron of a Poset", Preprint No. 386/1994, Fachbereich Mathematik, Technische Universität Berlin, Germany, to appear in *Discrete Applied Mathematics*.
- R. Müller and A. S. Schulz, "The Interval Order Polytope of a Digraph", Preprint No. 401/1994, Fachbereich Mathematik, Technische Universität Berlin, Germany, to appear in *Springer Lecture Notes in Computer Science*, Proceedings of IPCO IV.
- M. Queyranne and A. S. Schulz, "Polyhedral Approaches to Machine Scheduling", Preprint No. 408/1994, Fachbereich Mathematik, Technische Universität Berlin, Germany, submitted.
- M. Queyranne and A. S. Schulz, "Scheduling Unit Jobs with Compatible Release Dates on Parallel Machines with Nonstationary Speeds", Preprint, Fachbereich Mathematik, Technische Universität Berlin, Germany, to appear in *Springer Lecture Notes in Computer Science*, Proceedings of IPCO IV.
- A. S. Schulz, R. Weismantel, and G. M. Ziegler, "0/1–Programming: Optimization and Augmentation are Equivalent", to appear.

Sonstige

- Auszeichnung der Diplomarbeit während der Studentenkonferenz 1994 der DMV mit einem Preis des Mathematischen Forschungsinstituts Oberwolfach

- Erstellung von Gutachten für die Zeitschrift *Mathematical Programming*
- Betreuung einiger Diplomanden sowie einiger Teilnehmer des Seminars "Deterministische und Stochastische Schedulingprobleme" an der Technischen Universität Berlin
- Besuch der Vorlesung "Einführung in randomisierte Algorithmen" (A. Srivastav, FU), des Seminars "Offene Probleme der Polytoptheorie" (J. Richter–Gebert und G. M. Ziegler, TU) sowie des Seminars "Vollständige Beschreibung spezieller Polyeder" (M. Grötschel und R. Weismantel, TU)
- Besuch der Vorlesung und des Kolloquiums des Graduiertenkollegs

4.12 Lorenz Wernisch

Name:	Lorenz Wernisch
Betreuer:	Prof. Dr. Emo Welzl
Arbeitsbereich:	Dominanzordnungen, Bioinformatik

Postdoktorand im Graduiertenkolleg seit Oktober 1994

Darstellung der Arbeitsgebiete

In Fortführung des Promotionsthemas [6] habe ich mir zusammen mit Stefan Felsner Gedanken über Abfrageprobleme im Zusammenhang zweidimensionaler Dominanzordnungen gemacht. Gefragt sind Formen der Aufbereitung von Punkten in der Ebene, sodaß bei einem gegebenen achsenparallelen Anfragerechteck schnell etwa alle maximalen Punkte (bezüglich der Ordnung) in diesem Rechteck ausgegeben werden können. Für dieses Problem kann man Range Trees einsetzen und erhält einen $O(k + \log^2 n)$ Algorithmus (k die Anzahl der ausgegeben Punkte) mit $O(n \log n)$ Platzbedarf. Wir arbeiten an einer Verbesserung. Andere Strukturen von Interesse wären maximale Ketten, minimale Kettenzerlegungen, etc. Es stellt sich heraus, daß das Abfrageproblem eng mit dem Problem des dynamischen Aufrechterhaltens obiger Strukturen zusammenhängt. Also, halte die Punkte in einer solchen Form, daß für die Punktemenge, die durch Hinzufügen eines neuen Punktes entsteht, schnell eine neue maximale Kette berechnet werden kann.

Auf der anderen Seite habe ich begonnen, mich in die Bioinformatik einzuarbeiten. Das ist ein rasch wachsendes Gebiet, in dem man sich generell mit algorithmischen Problemen in Zusammenhang mit Molekularbiologie beschäftigt. Ein zentrales Problem der Molekularbiologie ist etwa die Berechnung der räumlichen Faltung eines Proteins, dessen Aminosäuresequenz bekannt ist (siehe etwa Lengauer [2]). Eine der gängigen Methoden ist die Simulation des realen Faltungsprozesses durch numerisches Lösen der entsprechen Bewegungsgleichungen der Atome. Die große Anzahl von Atomen und deren Interdependenzen macht eine solche Rechnung allerdings so aufwendig, daß eine vollständige Faltung selbst mit großem Rechnereinsatz zur Zeit nicht simuliert werden kann.

So behilft man sich mit Vereinfachungen, legt z.B. die Atome auf Gitterpunkte und läßt nur Kanten zwischen benachbarten Punkten zu. Monte Carlo Simulation ist nun eine Möglichkeit, bestimmte Aspekte des Faltungsprozesses (etwa die Lage von hydrophoben gegenüber hydrophilen Aminosäuresten im Protein) zu studieren. Ein Problem dabei ist nun die Frage, wann eine solche Simulation abgebrochen werden kann und die erzielte Verteilung der tatsächlichen entspricht. Ich arbeite daran, Resultate von Sinclair und Jerrum [4] or Randall [3] über die Konvergenz von Markoffprozessen auf diese Situation anzuwenden.

Aussichtsreich ist auch die Vorhersage der räumlichen Struktur aufgrund von Ähnlichkeiten mit bekannten Proteinen. Dazu müssen geeignete Maße für die Ähnlichkeit von (Aminosäure)Sequenzen definiert werden (siehe etwa Fasman [1]). Diese Maße werden auch benutzt um den Verwandschaftsgrade von Organismen mittels ihrer DNA festzustellen. Eine solches Maß ist etwa die Länge einer längsten gemeinsamen Teilsequenz. Entspricht diese Länge einem beachtlichen Teil der Gesamtlänge, kann man etwa davon ausgehen, daß sich die eine Sequenz aus der anderen evolutionär entwickelt hat. Man kann das Problem so umformulieren, daß es auf die Berechnung einer längsten aufsteigenden Teilsequenz einer Permutation hinausläuft (siehe Stephen [5]) . Eine große längste aufsteigenden k-fache Sequenz, deren Berechnung ich in meiner Promotionsarbeit behandelt habe, deutet übrigens entsprechend darauf hin, daß sich die eine Sequenz aus einer Verschmelzung von k Kopien der anderen entwickelt hat.

Vortrag: Trapezoid Graphen und eine Verallgemeinerung, 7.11.94, im Rahmen des Kolloquiums des Graduiertenkollegs.

Literatur

[1] G. D. Fasman. *Prediction of Protein Structure and the Principles of Protein Conformation.* Plenum Press, New York, 1989.

[2] T. Lengauer. Algorithmic research problems in molecular bioinformatics. Technical Report 748, Arbeitspapiere der GMD, 1993.

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

[4] A. Sinclair and M. Jerrum. Approximate counting, uniform generation and rapidly mixing markov chains. *Information and Computation*, 82:93–133, 1989.

[5] G. A. Stephen. *String Searching Algorithms.* World Scientific, New Jersey, 1994.

[6] L. Wernisch. *Dominance order on Point Sets and Aligned Rectangles.* PhD thesis, Freie Universität Berlin, 1994.

4.13 Jörg Zuther

Name:	Jörg Zuther
Betreuer:	Prof. Dr. H. A. Jung
Arbeitsbereich:	Graphentheorie
Thema:	Enden in Digraphen

Stipendiat im Graduiertenkolleg seit April 1994

Darstellung des Promotionsthemas

In den frühen 40'er Jahren untersuchten Hopf [5] und Freudenthal [2] diskrete Gruppen mit Hilfe des Endenkonzeptes. Unabhängig davon führte Halin [3] den Endenbegriff für unendliche Graphen 1964 nochmals ein. Das Endenkonzept erwies sich als ein grundlegendes und wichtiges Werkzeug in der Theorie der unendlichen Graphen. Diestel [1] und Polat [7] geben einander ergänzende Überblicke über verschiedene Aspekte des Themas.

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

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

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

Generell sind vor allem folgende beiden Fragen interessant:

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

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

Ergebnisse

Es ergaben sich einige neue Ergebnisse bezüglich der Enden-Darstellbarkeit von Ordnungen. Eine partiell geordnete Menge $(X, \leq)$ ist ω-darstellbar, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

(1) Jede streng monoton wachsende Folge in $(X, \leq)$ hat ein Supremum.

(2) Wann immer zwei streng monoto wachsende Folgen dasselbe Supremum haben, gehören die korrespondierenden ω-Bahnen von $(X, \leq)$ zum selben ω-Ende von $(X, \leq)$.

(3) Ist $x \in X$ das Supremum einer streng monoton wachsenden Folge in $(X, \leq)$, so gibt es zu jedem $y \in X$, $y < x$, eine streng monoton wachsende Folge $(z_i)_{i \in \mathbb{N}}$ mit Supremum $z = x$ so, daß $y < z_i < x$ für alle $i \in \mathbb{N}$ gilt.

Bedingungen (2) und (3) sind im allgemeinen keine notwendigen Bedingungen. Da diese aber in Ketten automatisch erfüllt sind, ergibt sich, daß eine Kette ω-darstellbar ist *genau dann, wenn* jede streng monoton wachsende Folge ein Supremum besitzt. Bedingung (1) ist also für die ω-Darstellbarkeit totalgeordneter Mengen charakterisierend. Außerdem sind die Bedingungen (1)–(3) trivialerweise in jeder partiell geordneten Menge erfüllt, die keine streng monoton wachsenden Folgen enthält, und dies sind genau jene, in denen jede Kette dual wohlgeordnet ist (d.h. jede nichtleere Teilmenge enthält ein größtes Element). Folglich ist auch jede Ordnung, die nur dual wohlgeordnete Ketten enthält, ω-darstellbar. Es gelten duale Ergebnisse für ω^*-Bahnen.

Schließlich konnte ich zeigen, daß jede partielle Ordnung, die nur wohlgeordnete oder aber nur dual wohlgeordnete Ketten enthält, z-darstellbar ist. Hat man eine partielle Ordnung, die nur endliche Ketten enthält, und "bläst" man jedes Element dieser Ordnung zu einer z-darstellbaren Ordnung auf, so ist das Ergebnis wieder z-darstellbar. Versionen des letzten Satzes sind auch für ω- bzw. ω^*-Darstellbarkeit gültig. In diesen Versionen darf die Ordnung, deren Ecken "aufgeblasen" werden, auch dual wohlgeordnete (bzw. wohlgeordnete) Ketten enthalten.

Eine beliebige endliche oder unendliche Bahn eines Digraphen D heißt *geodätisch* genau dann, wenn jede ihrer Unterbahnen eine kürzeste Bahn in D ist. Weiter heißt ein Digraph *eckensymmetrisch*, falls die Automorphismengruppe transitiv auf der Eckenmenge operiert. Ich konnte zeigen, daß in einem unendlichen, eckensymmetrischen und zusammenhängenden Digraph D jede Ecke auf einer zweiseitig unendlichen Bahn liegt. Ist D zusätzlich lokalfinit, so liegt jede Ecke sogar auf einer zweiseitig unendlichen geodätischen Bahn. Der vollständige unendliche Digraph mit abzählbar vielen Ecken zeigt, daß Geodäsie im nicht-lokalfiniten Fall nicht erwartet werden kann. Ein weiteres Ergebnis aus der Arbeit [8] läßt sich nun ohne weiteres übertragen: Ist D ein zusammenhängender, unendlicher, eckensymmetrischer, lokalfiniter Digraph und B eine zweiseitig unendliche geodätische Bahn in D, so besitzt $D - B$ keine unendlichen Zusammenhangskomponenten. Interessant ist auch folgendes Resultat: Jeder beliebige (Di)Graph kann als induzierter Unter(di)graph eines eckensymmetrischen (Di)Graphen auftreten.

Weiterhin beschäftigte mich die Frage, wie diejenigen Graphen aussehen, die sich so orientieren lassen, daß keine 1-Bahnen auftreten. Notwendig ist dazu offenbar, daß G kein induziertes unendliches Simplex enthält, da sich mit einem kleinen Trick aus dem Satz von Ramsey sofort folgern läßt, daß jedes unendliche Turnier eine 1-Bahn besitzt. Ebenso sieht man leicht, daß alle lokalfiniten und auch alle m-partiten ($m \in \mathbb{N}$) Graphen sich ohne 1-Bahnen orientieren lassen. Weiterhin gilt, daß, wenn man die Ecken eines Graphen G, der sich so orientieren läßt, daß weder 1-Bahnen noch gerichtete Kreise auftreten, zu Graphen aufbläst, die sich 1-bahnlos orientieren lassen, dann auch der resultierende Graph 1-bahnlos orientierbar ist.

Eine *Translation* eines Digraphen D ist ein Automorphismus, der keinen endlichen Teildigraphen von D fest läßt. Eine zweiseitig unendliche Bahn B heißt *τ-periodisch* genau dann, wenn τ eine Translation ist und es eine natürliche Zahl k gibt derart, daß $\tau^k(B) = B$ ist. Ein wichtiges Ergebnis ist: Ist D ein zusammenhängender Digraph und $\tau \in \mathrm{Aut}(D)$ ein Translation, so gibt es eine nichtleere Menge von zweiseitig unendlichen τ-periodischen Bahnen genau dann, wenn es ganze Zahlen k und l sowie eine Ecke v von D gibt so, daß es eine $\tau^k(v) \rightarrow \tau^l(v)$-Bahn in D gibt (vgl. [4], [6]).

Vorhaben

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

Aktivitäten

- Teilnahme am *Kolloquium über Kombinatorik* (15./16. November 1994) in Hamburg mit Vortrag über *Ends in Digraphs*
- Teilnahme am *Seminar über Graphentheorie* von H. A. Jung, TU Berlin, mit Vortrag über *Enden in Digraphen*
- Teilnahme an der Vorlesung und dem Kolloquium des Graduiertenkollegs
- Veröffentlichung einer Arbeit *Ends in Digraphs* als Preprint (geplant)

Literatur

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

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

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

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

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

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

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

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

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