Tuesday, August 30, 14:00, Room H2032

Optimal Line Planning for Railway Systems

P. Kreuzer, TU Braunschweig
Uwe Zimmermann, TU Braunschweig

In the planning process of the structure of public transportation systems at a certain level we have to fix traffic lines (e.g. intercity lines, tram lines). In cooperation with an engineering office, which does such planning for several public transportation enterprises in Europe, we developed a mixed integer linear programming model. Using adaquate branch and cut algorithms we succeeded in generating better solutions with considerably less computational effort in comparison to existing software packages.

Tuesday, August 30, 14:30, Room H2032

Finding Optimal Route in a Railway Network

Janusz Cielatkowski, Technical University of Gdansk, Poland
Krzysztof Goczyla, Technical University of Gdansk, Poland

The paper investigates the problem of finding optimal journey plan in a transportation network, given a timetable. As an example, the railway network has been chosen. Solutions to the following problems are presented:

- a graph model of a transportation network with connections,
- methods of reduction of a large network into a network with smaller number of nodes,
- shortest-path algorithms of finding optimal route in the network, assuming different optimality criteria,
- choice of algorithms depending on the density of the graph expected in real-life transportation networks.

It is shown that the routing problem is closely related to the shortest-path problem in a weighted graph. However, well-known graph-theory algorithms cannot be directly applied as the time factor and the effect of connections require a specific approach. Moreover, miscellaneous constraints may be imposed on the set of acceptable routes:

- earliest departure time from the starting point or latest arrival time at the ending point,
- minimal time of the journey, number of connections, journey cost or length of the route,
- set of transportation means allowed.

The adopted solutions has been implemented in a computer program that is starting to be used in information offices of Polish State Railways (PKP).

Tuesday, August 30, 15:00, Room H2032

A Neural Networks Implementation of Partial Linearization Algorithms for Traffic Assignment Problems

Alexandru Murgu, University of Jyvaskyla

In this paper we present a description of partial linearization algorithms for asymmetric traffic equilibrium problems which is amenable for a neural computing implementation. Methods used for asymmetric traffic assignment problems are almost all based on succesive approximation. By using a merit function in the descent algortihms allows the possibilities of speeding up the convergence rate and the relaxation of convergence conditions. In order to obtain a neural networks implementation,we recast the partial linearization algorithm as a weighted least squares one which is directly related to a quadratic function minimization, representing the energy function in terms of neural networks.The main feature of the neural computing implementation is the partially asynchronous and parallel nature of computations and this is an important point versus the large scale network flow assignment problems. Finally, we consider the task of flow control in a communication network under the above development and we show some of the numerical results obatained in this setting.

Tuesday, August 30, 15:30, Room H2032

Dienstplanoptimierung mit evolutionären Algorithmen

Stephan Wacker, CAP debis GEI, München
Alfred Laut, CAP debis GEI, München

In dem Projekt **OPUS** ("**O**ptimierung und **P**lanung bei **U**-Bahn-**S**ystemen") werden die Dienstpläne für das U-Bahn-Personal der Hamburger Hochbahn AG mit Hilfe evolutionärer Algorithmen optimiert. Ausgangsbasis bilden die Fahrzeugumläufe, die in der vorausgehenden Umlaufplanung gebildet worden sind, und die vom Bediener vorgegebenen Anforderungen an stationäre Tätigkeiten wie z. B. Verschiebedienste. Diese werden von der Dienstplanung so mit Diensten besetzt, daß die Zugfahrer die durch den Turnus vorgegebene Reihenfolge von Schichtzeiten und freien Tagen einhalten, die erforderlichen Vor/Nachbereitungs-, Ablösungs, Pausen- und Nachtruhezeiten gewährt werden, die Wohngebiete der Zugfahrer berücksichtigt werden, Ortswechsel im Dienst mit planmäßigen U-Bahn-Fahrten durchgeführt werden können und eine Reihe weiterer betrieblicher, tarifvertraglicher und sonstiger Randbedingungen erfüllt wird. Ziel der Optimierung ist dabei, daß die betrieblich nicht erforderlichen Tätigkeiten der Zugfahrer minimiert werden.

Das Verfahren erzeugt zunächst eine Ausgangsstellung, die noch viele Leerzeiten enthält und Randbedingungen verletzt. Die Ausgangsstellung wird durch schrittweise Mutation und Selektion verbessert, bis eine hinreichend optimale Lösung erzeugt ist. Durch geschickte Steuerung der Bewertung während der Optimierung wird erreicht, daß der Algorithmus sukzessive sowohl die Einhaltung der Randbedingungen erzwingt, als auch die in den Dienstplänen enthaltenen Leerzeiten minimiert. Die erzeugten Dienstpläne können nach einem Optimierungslauf interaktiv modifiziert, aufgelöst und ggf. weiteroptimiert werden.

Wednesday, August 31, 10:00, Room H2032

Konzeption einer Zentralen Verkehrsleitung

Christian Müller, BVG

Die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) haben mit der Errichtung moderner Betriebsleitsysteme für die Verkehrsbereiche U-Bahn, Straßenbahn und Omnibus begonnen. Die Vorhaben betreffen das Integrierte Leit-, Informations- und Sicherungssystem (LISI) für die U-Bahn sowie die rechnergestützten Betriebsleitsysteme (RBL) für Straßenbahn und Omnibus.

Ein attraktiver ÖPNV - wie er von den Fahrgästen erwartet wird - erfordert eine abgestimmte Verkehrsdurchführung aller Verkehrssysteme in der Stadt und Region Berlin. Diese bedingt ein operatives Zusammenwirken der Leitstellen. Die letztendliche Zielsetzung besteht dabei in der Koordinierung der Verkehrsdurchführung durch eine Zentrale Verkehrslenkung (ZVL) unter Einbeziehung weiterer Verkehrsträger außerhalb der BVG, insbesondere der S-Bahn, Regionalbahn, Umland-Verkehrsbetrieben sowie ggf. der Überwachungszentrale für den Straßenverkehr.

Ein erster Schritt auf diesem Weg soll durch den Austausch von Informationen zur aktuellen Betriebssituation, betrieblichen Meldungen und dispositiven Abstimmungen zwischen den Leitstellen vollzogen werden.

Für eine weitere Ausbaustufe besteht das Ziel, die Verkehrsdurchfürhung der Bereiche U-Bahn, Straßenbahn und Omnibus durch eine Zentrale Verkehrsleitung als übergeordnete Leitstelle der BVG zu koordinieren.

In Zusammenarbeit mit Beratungs- und Industriefirmen wird z. Z. die Interaktion der einzelnen Leitsysteme untereinander sowie zur Zentralen Verkehrsleitung konzipiert.

Wednesday, August 31, 10:30, Room H2032

Qualität der Fahrgastbedienung im ÖPNV - Wie sie gemessen werden kann

Peter Schütze, HanseCom Ges. f. angew. Inf. und Inform.verarbeitung, Hamburg

Die Verkehrsleistungen im ÖPNV (Öffentlichen Personennahverkehr) müssen nach EG-Verordnung 1993/91 ab 1995 europaweit öffentlich ausgeschrieben werden. In diesem Zusammenhang stellt sich verstärkt die Frage, wie die "Qualität der Fahrgastbedienung" vorgegeben und überwacht werden kann. In diesem Vortrag soll die Vorgehensweise einiger Verkehrsbetriebe geschildert werden, u. a. diejenige in Hamburg mit Daten aus dem RBL (Rechnergesteuertes Betriebsleitsystem) und dem System PLANFAHRT (zur Sammlung und statistischen Auswertung von Betriebsablaufdaten). Ein Teil der Qualitätsmaße beruht auf der Warteschlangentheorie.

Wednesday, August 31, 14:00, Room H2032

Die Konfiguration von flächigen Speditions- und Paketdienst-Transportnetzen

Peter Klaus, D.B.A., Boston University
Dieter Feige, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Speditions- und Paketdiest-Transportnetze unterscheiden sich von anderen logistischen Netzen, insbesondere den häufig untersuchten Distributionsnetzen dadurch, daß sie *"many-to-many"* Verknüpfungen erfordern, daß gegenläufige, nicht-gerichtete Güterströme zu berücksichtigen sind und daß der Einsatz nur-linearer Kostenfunktionen bei der Optimierung zu nicht tolerierbaren Fehlern führt.

Zugleich steigt das Bedürfnis für die Netzabbildung, Bewertung alternativer Netzkonfigurationen sowie deren Optimierung durch die sich gegenwärtig in Deutschland volllziehenden grundsätzlichen Umstrukturierungen der Gütertransportmärkte stark an.

Im Beitrag werden die spezifischen Probleme der Konfiguration solcher Netze diskutiert und ein Vorschlag für eine praxisbezogenen, heuristischen, interaktiven Lösungsprozeß der Aufgabe entwickelt.

Wednesday, August 31, 14:30, Room H2032

Erweiterung der Datenbasis zum Tourenproblem: Vorstellung einer Komponente eines Forschungsprojekts

Axel Stolze, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Die Ver- und Entsorgungsproblematik in regionalen Bereichen erhält eine ständig zunehmende Bedeutung. Einer möglichst praxisgerechten rechnergestützten Lösung von Tourenproblemen ist dabei besonderes Augenmerk zu schenken. Derzeitige Anwendungen der rechnergestützten Tourenplanung kranken an der zu groben Datenbasis, die wichtige konkrete Randbedingungen nicht mit einbezieht. Diese Datenbasis soll erweitert werden. Dazu sind neben den klassischen Datenbeständen (Kunden-, Depot-, Fuhrpark- und Aufwandsdaten) weitere Datengruppen zu berücksichtigen. Diese lassen sich wie folgt gruppieren:

1. Erweiterungen in der Zeitplanung
2. Erweiterungen in der Stauraum- und Gewichtsplanung
3. allgemeine Erweiterungen.

Im einzelnen geben z. B. folgende Stichwörter bereits Anstoß zu neuen weitergehenden Überlegungen: Kunden- und Depotöffnungszeitfenster, Einsatzzeiten von Fahrern, tageszeitabhängige Transportaufwände, Standzeiten der Fahrzeuge, Stauraumproblematik, Tourengewichtsfenster, Leistungsfähigkeit von Fahrern und Belieferungsprioritäten. Vielfach sind Untersuchungen hinsichtlich Relevanz und Häufigkeit der in der Erweiterung betrachteten Komponenten vorzunehmen. Ergebnis des detaillierten Vorgehens soll die Beantwortung der Frage sein, um welche Komponenten ein Tourenplanungsalgorithmus sinnvoll erweitert werden sollte. Da abzusehen ist, daß die erweiterte Datenbasis von den vorhandenen Algorithmen nicht adäquat (also in möglichst kurzer Zeit) verarbeitet werden kann, sollen gangbare Vorgehensweisen diskuteriert werden.

Wednesday, August 31, 15:00, Room H2032

Tourenplanung bei der Milchsammlung

Heinrich Paessens, Fachhochschule Flensburg

Die Entwicklung in der Milchwirtschaft in Österreich und Deutschland war und ist gekennzeichnet durch eine fortschreitende Spezialisierung und Zentralisierung der Verarbeitungsbetriebe. Eine Neuplanung der Milchsammlung und damit die Erstellung neuer Tourenpläne kann durch den Einsatz von entsprechender Tourenplanungssoftware sinnvoll unterstützt werden.

In diesem Beitrag soll anhand von durchgeführten Projekten in Österreich und Deutschland mit bis zu 2500 Lieferanten die Vorgehensweise bei der Tourenplanung aufgezeigt werden. Folgende Einzelschritte sind dabei zu beachten:

- detaillierte Erfassung und Speicherung des Straßennetzes der zugrunde liegenden Region mit Klassifizierung der Straßenabschnitte
- Zusammenfassung der Lieferanten zu entsprechenden Haltestellen
- Zusammenfassung der Haltestellen zu entsprechenden "Lieferknoten"
- Ermittlung von mengenabhängiger Saugzeit, "Rüstzeit" (fixer Zeitaufwand je Haltestelle), Kapazitäten der Verarbeitungsbetriebe, der Fuhrparkdaten mit Anzahl, Kapazität und Standort der Sammelfahrzeuge
- Markierung der Lieferknoten, Verarbeitungsbetriebe, Fahrzeugstandorte im Straßennetz
- Erstellung des Tourenplanes

Die Erfahrungen in den durchgeführten Projekten zeigen, daß die Fahrleistung und die Fahrzeit um bis zu 10 % durch den Einsatz von Tourenplanungssoftware verringert werden kann.

Wednesday, August 31, 15:30, Room H2032

Transportfluss-Optimierung auf Mengenfunktionen

Rolf Klötzler, Universität Leipzig

Zur Diskussion stehen Transportflußprobleme des folgenden Typs:

$$K(\mu) \to \quad \text{Min. bzgl. aller} \quad \mu \in L^n_\infty(\Omega)^*,$$

die der Kontinuitätsgleichung

$$\int_\Omega \xi_t^\top(t)d\mu(t) = \int_\Omega \xi(t)d\alpha(t) \quad \forall \xi \in W^1_\infty(\Omega)$$

genügen.

Dabei ist α ein vorgegebenes Ergiebigkeitsmaß auf Ω und $K(\mu) = \int_\Omega r(t, d\mu(t)) := \sup\{\int_\Omega u^\top(t)d\mu(t) \mid u \in L^n_\infty(\Omega),\ u^\top(t)v \leq r(t,v)\ \forall v \in E^n\}$. Es werden Optimalitätseigenschaften, Lösungsmethoden und Anwendungen aufgezeigt.

Wednesday, August 31, 16:30, Room H2032

Ein gemischt-ganzzahlig mathematisches Modell Vorschlag zur Anschlussoptimierung in Netzen des oeffentlichen Personennahverkehrs der Stadt Kayseri/Turkey

Filiz Caliskan, Erciyes Üniversitesi Kayseri / Turkey
Cemal Ozguven, Erciyes Üniversitesi Kayseri / Turkey

Das Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Anschlussoptimierung im Netzen des Offentlichen Personennahverkehrs. Um den Ziel zu erreichen wurde ein gemischt-ganzzahliges mathematisches Modell entwickelt und eine Losung fur das Bussverkehrsnetz der Stadt Kayseri ermittelt worden. Kayseri ist ein kreuzformig gewachsene Stadt mit Hauptachse in Ost-West Richtung entlang der Fernstrasse nach Ankara und Sivas und eine zweite Achse in Nord-Sud Richtung nach Erkilet und Talas. Das Stadt- zentrum befindet sich am Kreuzpunkt. Die bestehenden Massentrsansportsysteme der Stadt Kayseri sind Innenstadtbusse der Stadtverwaltung und private Kleinbusse. Es verkehren fast 110 regional Busse taeglich innerhalb der Stadt auf 63 Linien. Auf jede Linie betraegt die Taktzeit eine Stunde. Das gemischt-ganzzahligemathematische Modell ist fur 27 Knoten und 63 Linien entwickelt und enthaelt 2750 ganzzahlige Variable. Das 386 Lindo-Programm 486 DX 50 EISA ermittelte die erste Losung mit den allen Abfahrzeiten fur das Anschlussoptimierungsproblem des Bussnezes der Stadt Kayseri mit den sehr hochen Rechenzeit. Dabei wurde der Zustand von 112268 minuten Gesamtwartezeit auf 83154 minuten verbessert. Dies entspricht einer Reduzierung der Gesamtwartezeit um etwa 26%.

Wednesday, August 31, 17:00, Room H2032

On Fair Zone Designs in Public Transportation Systems

Horst W. Hamacher, Universität Kaiserslautern
Anita Schöbel, Universität Kaiserslautern

In this paper we develop some tools for designing fair zones in public transportation networks. A *zone* in such a network is a set of stations which are treated as a unit as far as the fares for the passengers are concerned: The *zone tariff* is only dependent on the starting and ending zones of their travel. A *fair zoning* is one where the zone tariff is as close as possible to the *distance tariff* which relates the fare to the actual distance of a customer trip. In particular, the goal of a fair zone design is that neither the public transportation company nor the customer will have major disadvantages in the transition from distance tariff to zone tariff.

We will consider three objective functions which model this goal. If the zones are fixed we will show how to choose the tariffs in order to minimize the respective objective functions. This result will be combined with Greedy heuristics to design simultaneously zones and the corresponding tariffs. In networks with some special properties we will show, how to find the optimal zones. The paper ic concluded by an application of our methods to the data of a regional public transportation company in Germany and a summary of further research in this area.

Wednesday, August 31, 17:30, Room H2032

Solving Very Large Vehicle Scheduling Problems in Public Mass Transit

Andreas Löbel, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin
Martin Grötschel, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin

In public mass transit the problem of scheduling vehicles belonging to different depots such that a set of given timetabled trips is operated by exactly one vehicle arises. This Multiple-Depot-Vehicle-Scheduling-Problem (MDVSP) is a special case of a multi-commodity-flow-problem and is NP-hard. We discuss the polyhedron associated with the MDVSP, determine its dimension and give various classes of facet defining inequalities. These polyhedral results can be used in a branch&cut algorithm and have proven to be successful on very large scale real-world problems from Hamburger Hochbahn AG with up to 27 million variables.

Wednesday, August 31, 18:00, Room H2032

A Study on Efficiency Improvement of a Teletraffic Performance Simulator Using Variance Reduction Techniques

Teresa Gomes, University of Coimbra, Portugal
José Craveirinha, University of Coimbra, Portugal
Lino Tralhao, University of Coimbra, Portugal

This study focuses on the application of variance reduction techniques, namely antithetic variable and control variable techniques, to improve the efficiency of a traffic performance evaluation simulator in the context of Monte Carlo simulation of a T-T digital switching system. This switching system is being used by the Portuguese Telecom operator.

The paper describes and justifies the applied formulations of the variance reduction techniques, used in this study, namely the choice of the traffic offered to the trunks (assumed as Poissonian) as control variable. The main objective of this application is the assessment of the potential in computational efficiency improvement of various techniques and associated implementations, regarding the estimate of blocking probabilities (usually very low) regarded as target performance parameters.

Relevant conclusions regarding the relative computational efficiency of the various techniques (and implementations) under analysis will be presented. A major conclusion of this work is that for tight relative confidence intervals (with semi-widths of 5-10%) the proposed implementation of the control variable method together with the calculation of those intervals by linear regression is most advantageous, leading to remarkable efficiency improvements especially for low blocking probabilities.

Thursday, September 1, 09:00, Room H2032

Interactive Vehicle Routing with Tabu Search

Thomas Greb, Universität Bremen
Herbert Kopfer, Universität Bremen

The basic Single Depot Vehicle Routing Problem (SDVRP) can be adapted to specific real world problems by adding numerous restrictions and objectives. Since the SDVRP cannot be solved to optimality in reasonable time for most types of problem settings, the development of heuristics is crucial. We will present an interactive

solution approach based on a Tabu-Search meta-heuristic: An initial feasible solution of the SDVRP is represented in a graph. The neighbourhood of a solution is defined by moves, which exchange edges of the graph. To guide the search several tabu-lists are used, which forbid to violate constraints and prevent the search from getting stucked in local optima. After a chosen number of moves the graph is displayed and can be modified by a graphical interface, which calculates the quality of the new solution immediately. If no constraints are violated the move is finally executed and the reverse move is set tabu. Thus the user can incorporate constraints and objectives, which are not part of the underlying optimization model. The described procedure is applied until a good solution is reached. A prototype is implemented on a Sun-Workstation by the programming language C++ using the X-Window-System as a graphical user interface. We will present computational results for problems known in literature as well as for new problems with additional restrictions.

Thursday, September 1, 09:30, Room H2032

Computational Experiments with Heuristics for a Capacitated Arc-Routing Problem

Peter Greistorfer, Karl-Franzens-Universität Graz

The problem considered arises in a variety of practical situations, e.g. in the case of household refuse collection or winter gritting. Given an undirected graph with positive edge costs and demands, the task is to design a set of routes for a homogeneous fleet of capacity-constrained vehicles which is sta- tioned at a depot node. This Vehicle-Routing-Problem, the so-called Capacita- ted-Chinese-Postman-Problem, is NP-hard. Therefore the development, implemen- tation and testing of heuristics seems to be of interest in this context. We introduce some algorithms based on the ideas of Tabu Search. The main focus of our investigation is on the dependence of the results obtained on the essen- tial elements of Tabu Search, namely the definition of the neighborhood and the evaluation of candidate moves which can be realized. In the iterations of the solution process it is important to determine the status of an edge, i.e. to find out whether an edge in a given route should be traversed with or without providing a service. Other points of interest are the design of appropriate aspiration criteria and memory functions. Here we examine several objective- based strategies and time-dependent approaches, e.g. attribute-based short-term memory or longer-term memory concerns, such as penalties, which can intensify or diversify the search process. The solutions for several data sets are presented and analysed. The test sample contains planar graphs constructed by hand, non- planar random graphs, examples from literature and a real world problem.

Friday, September 2, 10:30, Room H2032

Two New Multi-Criterial Methods in Naval Transportation

Doina Carp, Commercial Marine Institute Constanta

The optima route for a commercial ship is usually settled by considering some unindependent criteria like these: length route minimization, fuels comsumption minimization, long route minimization, catering transport maximization, delivery of goods in due time, etc.

Starting with the graph of the ports on route and appling multicriterial methods of optimization within the paper is given a new programming algorithm which solves the problem.

The second method starts from the unknowns of the loading function of the ship and consists in an algorithm which materializes an unifrom distribution of the goods in warehouses taking account of the all conditions for safe navigation.

Optimization is achieved taking into account the shear forces and bending moments along the ship which are also calculated within the paper.

Friday, September 2, 11:00, Room H2032

Test of Heuristics for Solving the Fleet Size and Mix Problem

Stefan Gnutzmann, Daimler-Benz AG Berlin
Gabriele Richter, Daimler-Benz AG Berlin

We are considering the problem of routing a fleet of vehicles from a depot to customers with known demand. The objective is to determine an *optimal fleet size and mix* with respect to fixed and variable costs. In 1984, Golden, Assad, Levy, and Gheysens have described several heuristic solution procedures for this specific problem. We use order data from two companies collected over twenty days to test these heuristics. Because of short travel duration between customers and depot in an urban area it may prove useful to run vehicles several tours a day. As a result we have generalized the ideas of Golden and co-authors for this practical problem. Finally, we will present some computational results.

Friday, September 2, 11:30, Room H2032

Optimization of the Business Process Including Transportation

Ivan Meško, University of Maribor, Slovenia
Tjaša Meško, University of Maribor, Slovenia

We consider a model for optimization of the multiphase business process including production activities, market activities and transportation. Let there be m enterprises where a certain product is being produced and n different enterprises where the same product is being processed. We can construct a business optimization model for each enterprise separately and minimize the transport cost afterwards. It is obvious that this in general cannot lead to a global optimum. This difficulty is overcome by constructing one model which includes production, transportation and processing. In this way, we obtain the optimal produced quantities, optimal transportation manner and optimal quantities needed at each location for processing.

There are several generalizations of the given problem. Namely, there can be several products to transport. Some of them can be final products meant to be sold or alternatively row materials which have to be purchased. Further on, an activation cost can arise by using a transport way. Also, the decisions about the new locations for production or processing can be included in the optimization. The last two generalizations require zero–one variables in the optimization model.

Friday, September 2, 12:00, Room H2032

Kooperatives Problemlösen in der Transportdomäne

H. Jürgen Müller, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz Kaiserslautern
Klaus Fischer, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz Kaiserslautern

Die klassischen Ansätze der Informatik zur Gütertransportplanung, wie Routenplanung und Fahrzeugscheduling, gehen nur bedingt auf neue Anforderungen, wie Bündelung der Kräfte und eine überbetriebliche Koordination der Aktivitäten ein, da die Algorithmen vollständige Informationen über die zu planenden Aufgaben benötigen und ein dynamischer Austausch von Auftrgën kaum mglich ist.
Der Beitrag diskutiert eine Reihe von Ansätzen zur dezentralisierten Lösung des oben beschriebenen Problems. Dabei werden die natürlich vorkommenden Entitäten, wie Speditionen und LKWs, als autonome

interagierende Agenten modelliert. Sie können unter Einsatz geeigneter Kommunikationsprotokolle entscheiden, zu wessen Plan ein neuer Auftrag am besten paßt. Zur Optimierung können Aufträge untereinander ausgetauscht werden. Aktuelle Routen werden im Bedarfsfall lokal umgeplant. Es entsteht so ein effizient arbeitendes Multi-Agenten System, das robust Ausfälle auffängt und dynamische Änderungen der Ressourcen ohne aufwendige Softwareanpassung möglich macht. Bezüglich der am DFKI implementierten Variante werden Testergebnisse vorgestellt und mit Benchmarktest aus dem OR-Bereich verglichen.

Semi-Plenary Lecture

Friday, September 2, 14:00, Room H2032

Exact and Heuristic Algorithms for the Multiple Depot Vehicle Scheduling and the Generalized Crew Scheduling Problems

Paolo Toth, University of Bologna

Two $\mathcal{NP}$-hard problems arising in the management of public transportation companies are considered. We first consider the *Multiple Depot Vehicle Scheduling Problem*, in which a given set of time-tabled trips have to be assigned to vehicles stationed at different depots, so as to minimize the number of vehicles used and the overall operational costs. Some structural properties of the problem are studied and used to design a polynomial-time heuristic algorithm which always guarantees the use of the minimum number of vehicles. Extensive computational results on test problems involving up to 1000 trips and 10 depots are reported. An integer linear programming model is also presented. The corresponding linear relaxation is then strengthened through the introduction of new valid inequalities. Effective separation procedures are proposed to obtain tight lower bounds. A *branch and cut algorithm* is described, and experimentally tested on instances involving hundred of trips.

The following *Generalized Crew Scheduling Problem* is then considered. The schedule for a prefixed period is defined as a set of tasks T_j requiring a crew working without interruption in a given time interval. The cost incurred if the same crew performs task T_j right after task T_i is c_{ij}, with $c_{ij} = \infty$ if T_j cannot be performed after T_i by the same crew. The problem is to find a set of crews of minimum total cost to perform all tasks by satisfying a set of additional constraints. In particular, we impose, for each crew, a limit on the total working time and a spread-time limit on the total duration of the duty. We present a branch-and-cut algorithm, and report extensive computational experience on several classes of test problems from the literature, involving hundreds of tasks.

Friday, September 2, 15:30, Room H2032

Very Fast Microscopic Simulations of Large Road Networks

Achim Bachem, Universität zu Köln
Chris Barrett, Los Alamos National Laboratory, Santa Fe Institute
Kai Nagel, Universität zu Köln, Los Alamos Nat. Lab., Santa Fe Institute
Steen Rasmussen, Los Alamos National Laboratory, Santa Fe Institute
Marcus Rickert, Universität zu Köln, Los Alamos National Laboratory

Traffic phenonema in large road networks are highly complex. This is due to the high number of degrees of freedom and to the stochastic and non-linear nature of the interactions. Analytic methods are only applicable after drastic simplifications of the problem, whereas high fidelity microsimulations are restricted by computational resources.

We simulate vehicular traffic using a very simple description of human driving behavior, similar to cellular automata. This leads to efficient computer code, which is in addition easily parallelizable, giving a twofold computational advantage over high fidelity models.

In consequence, we can perform repeated Monte Carlo runs, allowing for the first time the statistical analysis of large (simulated) traffic systems. Traffic near maximum flow displays much higher fluctuations than in other regimes. Since Advanced Traffic Management Systmes (ATMSs) will bring larger parts of the transportation system towards this regime of maximum flow, we argue that in consequence predictions will be much harder. This will make the control problem of maximizing traffic network performance increasingly difficult.

In addition, we show simulation results of the complete freeway network of Northrhine-Westfalia.

Friday, September 2, 16:00, Room H2032

Exact Penalization of the Optimal Design Problem for Transportation Networks

Stefan Scholtes, Universität Karlsruhe

A typical example of a traffic equilibrium is the daily assignment pattern of the commuter traffic to the road network of a city. In an equilibrium situation one assumes that no user can unilaterally decrease his travel time by choosing another path from his origin to his destination (Wardrop's Law). The latter condition can be rephrased in terms of a variational inequality. The introduction of design parameters for the transportation network results in a parametric variational inequality and hence the optimal design problem is an optimization problem which involves a parametric variational inequality as a constraint.

Using a relative of S.M. Robinson's normal map, we reformulate the network design problem as a nonsmooth optimization problem and discuss an exact penalty function approach which can be used in connection with nonsmooth optimization procedures to determine a (locally) optimal network design.

Friday, September 2, 16:30, Room H2032

A Fluid-Dynamic Traffic Model

Dirk Helbing, University of Stuttgart, Germany

During the last years fluid-dynamic models have become the most promising candidates for the description of vehicular traffic [1,2,3]. On the one hand they are complex enough for a detailled calculation of traffic flows, on the other hand they are sufficiently simple for real time traffic simulations. Due to the drastical deterioration of the traffic situation methods for computing and optimizing traffic flows have become very urgent.

It is very important that the recent models [1,2] are, for example, able to describe the undesirable self-organization of *stop and go waves* for traffic volumes that exceed a certain critical density. However, they have still some shortcomings that can be overcome by introducing two modifications presented in the following (cf. [3]). First, the model of KERNER and KONHÄUSER [2] is extended by an equation for the vehicles' velocity variance. This allows the description of the observed increase of velocity variance immediately before a traffic jam develops. Second, the finite amount of space that each vehicle needs is taken into account. This prevents the traffic model from producing densities that exceed the maximum vehicle density.

[1] K. Nagel and M. Schreckenberg, J. Physique I **2**, 2221 (1992).
[2] B. S. Kerner and P. Konhäuser, Phys. Rev. E **48**, 2335 (1993).
[3] D. Helbing, 'An improved fluid-dynamic model for vehicular traffic', submitted to Phys. Rev. E. (1994).