

# ÖGOR*News*

Nr. 2 Oktober 2001



# ÖGOR-News 2/2001

Oktober 2001

## Inhaltsverzeichnis

<b>Editorial</b>	<b>2</b>
<b>ÖGOR Neuigkeiten und Interna</b>	<b>3</b>
Einladung zur ÖGOR Jahrestagung und Generalversammlung . . . . .	3
Einladung zum Vortrag von Felix Breitenecker im Rahmen der Jahrestagung . .	3
Einladung zum Vortrag von Paolo Toth an der TU Wien . . . . .	4
Einladung zum Vortrag von Vittorio Maniezzo an der Uni Wien . . . . .	5
<b>Einsatzbereiche von OR-Anwendungen in der Praxis</b>	<b>7</b>
OR-Einsatz bei Fluggesellschaften — Teil 1: Revenue Management . . . . .	7
<b>OR-Aktivitäten in Österreich</b>	<b>11</b>
Arbeitsgruppe „Operations Research und Systemtheorie“ an der TU Wien . . .	11

### Impressum:

Herausgeber: Österreichische Gesellschaft für Operations Research, c/o Institut für Ökonometrie, OR und Systemtheorie, TU Wien, Argentinierstraße 8, A-1040 Wien.

Redaktion: Bettina Klinz, Institut für Mathematik B, TU Graz, Steyrergasse 30, A-8010 Graz, e-mail: [klinz@opt.math.tu-graz.ac.at](mailto:klinz@opt.math.tu-graz.ac.at).

Druck: Copy Service Wlk, Mödling.

---

## Editorial

Wertes ÖGOR-Mitglied, werter Leser, werte Leserin der ÖGOR-News, vor Ihnen liegt die letzte Ausgabe der ÖGOR-News in diesem Jahr.

Diese Ausgabe enthält die Einladung zur Generalversammlung und der Jahrestagung der ÖGOR, die am 14. November an der Technischen Universität Wien stattfinden werden. Im Rahmen der Jahrestagung wird Prof. Felix Breitenecker von der TU Wien einen Hauptvortrag über Simulation halten. Ferner wird der ÖGOR Preis 2001 für Diplomarbeiten und Dissertationen vergeben. Bei der Generalversammlung wird der Vorstand für die nächsten 2 Jahre gewählt. Sehen Sie dies als besondere Motivation an, um am 14. November an die TU Wien zu kommen.

Am 7. Dezember kommt der gegenwärtige IFORS Präsident, Prof. Paolo Toth nach Wien und wird im Rahmen seines Aufenthaltes einen Vortrag zum sehr aktuellen Thema „An Integrated Approach for Railway Crew-Planning“ halten. Der Vortrag ist sowohl aus Sicht der Theorie als auch aus Sicht der Praxis von Interesse. Die Einladung zu diesem Vortrag findet sich auf den Seiten 4–5.

Einen weiteren Schwerpunkt dieser Ausgabe bildet die Fortsetzung der beiden Reihen zur Vorstellung von OR Aktivitäten und OR Arbeitsgruppen in Österreich sowie zu OR Anwendungen in der Praxis. In diesem Heft stellt sich die Arbeitsgruppe „Operations Research und Systemtheorie“ an der TU Wien (Prof. Feichtinger) vor. Der Praxisbeitrag beschäftigt sich mit Revenue Management bei Fluggesellschaften. Bei diesem Beitrag handelt es sich um den ersten Beitrag einer geplanten Serie zu zu OR-Anwendungen in der Luftfahrtindustrie.

Ich hoffe auf Ihr möglichst zahlreiches Erscheinen zur Jahrestagung und Generalversammlung.

Bettina Klinz (Editor der ÖGOR-News, Graz)

## ÖGOR Neuigkeiten und Interna

### Einladung zur ÖGOR Jahrestagung und Generalversammlung 2001

Die ÖGOR Jahrestagung und die Generalversammlung 2001 finden am 14. November an der Technischen Universität Wien statt. Hierzu ergeht die höfliche Einladung. Details zum Programm und zum Ort finden sich im Anschluß sowie auf der ÖGOR Webseite unter der Adresse <http://www.bwl.univie.ac.at/bwl/prod/oegor/gv2001>.

**Zeit:** Mittwoch, 14. November 2001, Beginn 15:00.

**Ort:** Technische Universität Wien, Neues EI Gebäude (Elektrotechnisches Institut), Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien, Kontaktraum (Stiege I, 6. Stock).

#### Programm:

- 15:00-16:00: Verleihung des ÖGOR-Preises 2001 für Diplomarbeiten und Dissertationen, Kurzreferate der Preisträger.

Ein Bericht zu den Preisträgern und ihren prämierten Arbeiten wird in der nächsten Ausgabe der ÖGOR News enthalten sein.

- 16:00-17:00: Vortrag von Prof. Felix Breitenecker (TU Wien) (siehe Seite 4).
- 17:30: Generalversammlung

Vorläufige Tagesordnung:

1. Bericht des Vorstandes
2. Bericht des Kassiers
3. Bericht der Rechnungsprüfer
4. Entlastung des Vorstandes und der Rechnungsprüfer
5. OR 2002
6. Neuwahl des Vorstandes
7. Allfälliges

**Rahmenprogramm:** Im Anschluß an Generalversammlung und Jahrestagung wird ein gemeinsames Abendessen stattfinden. Der Ort wird noch bekanntgegeben (siehe auch die oben angegebene Webseite).

Richard F. Hartl (Vorsitzender der ÖGOR, Wien)

## Einladung zum Vortrag von Felix Breiteneker im Rahmen der Jahrestagung

Herr Prof. Felix Breiteneker (Abteilung für Regelungsmathematik und Simulation, Institut für Analysis und Technische Mathematik, TU Wien) wurde letztes Jahr als erster Österreicher mit dem ehrenvollen *INFORMS College on Simulation Distinguished Service Award* ausgezeichnet. Er hat sich freundlicherweise bereit erklärt den Hauptvortrag im Rahmen der ÖGOR Jahrestagung 2001 zu halten und einen Einblick in sein Arbeitsgebiet zu bieten.

Detaillierte Informationen zu Prof. Breiteneker und seinem Arbeitsgebiet finden sich unter der Adresse <http://simtech.tuwien.ac.at/>.

**Vortragstitel:** SIMULATION QUO VADIS

**Ort:** Technische Universität Wien, Neues EI Gebäude (Elektrotechnisches Institut), Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien, Kontaktraum (Stiege I, 6. Stock).

**Zeit:** Mittwoch, 14. November 2001, 16:00

**Abstract:** Der Vortrag beleuchtet kritisch die Entwicklung der Simulationstechnik und versucht Trends für die Zukunft einzuordnen. Nach einem kurzen Blick auf Geschichte und Wurzeln von diskreter und kontinuierlicher Simulation diskutiert der Beitrag den Stand der Methodik bei Algorithmen, Modellen, Validierung / Identifizierung, neue Methoden. Hauptteil des Vortrages bilden dann fallstudienartige Betrachtungen von methodischen Entwicklungen in kontinuierlicher und diskreter Simulationstechnik: Schrittweisensteuerung, hybride Modelle, physiologische Systeme, Ko-Simulation, Modelle mit PDEs, Event Scheduling, Petrinetze, Simulation vs. Planung, Fuzzy Methoden.

Der dritte Teil des Vortrages beschäftigt sich mit F. Cellier's Modellbildungsansatz für makroökonomische Prozesse: System Dynamics gekoppelt mit Fuzzy Inductive Reasoning (FIR) und diskutiert seine diesbezügliche Veröffentlichung. Die Vorhersage makroökonomischer Prozesse: Wissenschaft, Kunst oder Hochstapelei?

Interessenten (auch Nicht-Mitglieder der ÖGOR) sind herzlich willkommen.)

## Einladung zum Vortrag von Paolo Toth an der TU Wien

Der derzeitige Präsident von IFORS, Prof. Paolo Toth (Universität Bologna, Italien) kommt Anfang Dezember nach Wien und wird auf Einladung von Prof. Feichtinger am 7. Dezember einen Vortrag an der TU Wien über eine aktuelle Anwendung von OR- und Optimierungsmethoden im Bereich von Bahngesellschaften halten. Der Vortragende ist ein international sehr bekannter Wissenschaftler auf dem Gebiet der Optimierung und des OR. (Nähere Informationen finden sich unter <http://www.or.deis.unibo.it/toth.html>).

---

**Vortragstitel:** AN INTEGRATED APPROACH FOR RAILWAY CREW PLANNING

**Ort:** Technische Universität Wien, Institutsgebäude Freihaus, Turm B (gelb), Wiedner Hauptstraße 8–10, A-1040 Wien, Freihaus Hörsaal 7, 2. Stock.

**Zeit:** Freitag, 7. Dezember 2001, 15:15.

**Abstract:** Crew planning is a typical problem arising in the management of large transit systems (such as railway and airline companies). We are given a planned timetable for the *train services* to be performed every day of a certain time period. Each train service has first been split into a sequence of *trips*, defined as segments of train journeys which must be serviced by the same crew without rest. During the given time period each crew performs a *roster*, defined as a cyclic sequence of trips whose operational cost and feasibility depend on several rules laid down by union contracts and company regulations. The crew planning problem consists of finding a set of rosters so as to satisfy all the operational constraints, and to minimize the global number of crews needed to perform all the daily occurrences of the timetabled trips in the given period.

In practice, the problem is approached according to the following three phases:

1. *Pairing generation:* starting from the given timetabled trips, a very large number of feasible *pairings* is generated. Each pairing represents a sequence of trips to be covered by a single crew within a given time period (typically 1 or 2 days).
2. *Pairing optimization:* a selection is made of the best subset of the pairings generated in Phase 1, so as to guarantee that all the timetabled trips are covered at minimum cost. This phase follows a quite general approach, based on the solution of set-covering or set-partitioning problems.
3. *Rostering optimization:* the pairings selected in Phase 2 are sequenced into rosters, defining a periodic duty assignment to each crew which guarantees that all the pairings are covered for a certain number of consecutive days (e.g., a month).

It should be noted that an algorithmic approach to any of the previous phases has to comply with several operational constraints. Moreover, the instances to be solved are often very large (up to 5000–10000 timetabled trips to be covered). As a consequence, the problems arising in Phases 2 and 3 are solved using heuristic algorithms. Clearly the proposed “sequential” optimization method does not guarantee “global” optimality, even if each of the three phases is solved exactly. A heuristic algorithm for the solution of the overall problem, based on a feedback iterative technique involving all the three phases of the approach, is proposed. Computational results on real-world instances from FS (the Italian railway company) are presented.

---

## Einladung zum Vortrag von Vittorio Maniezzo an der Uni Wien

Am 11. Dezember wird Vittorio Maniezzo vom Institut für Informatik der Universität Bologna einen Vortrag über ANT Systems in logistischen Problemen halten. Informationen über den Vortragenden finden sich unter <http://www.csr.unibo.it/~maniezzo>.

**Vortragstitel:** ANTS FOR DATA WAREHOUSE LOGICAL DESIGN

**Ort:** BetriebsWirtschaftsZentrum (BWZ), Universität Wien, Brünner Straße 72, A-1020 Wien, 1. Stock, Besprechungszimmer Prof. Hartl.

**Zeit:** Dienstag, 11. Dezember 2001, 16:00.

**Abstract:** Data warehouses are primary commodities in the current software market, supporting the transformation of huge volumes of data into actionable business information, improving targeted marketing and business process re-engineering for customer value management. A data warehouse permits to retrieve summary data, derived from those present in operational information systems. Fundamental issues are flexible query interface and fast query response. The materialization of fragmented views in data warehouses has the objective of improving the system response time. It can be modelled as a combinatorial optimization problem which arises in the logical design phase and has so far received little attention from the optimization community. The presentation describes the application of a metaheuristic approach, namely the ANTS approach, to this problem. In particular, we propose an integer programming formulation of the problem, derive an efficient lower bound and embed it in an ANTS algorithm. Preliminary computational results, obtained on the well-known TPC-D benchmark, are presented.

---

## Einsatzbereiche von OR-Methoden in der Praxis

Neben der Telekommunikationsbranche (siehe dazu den Artikel in der ÖGOR-News Ausgabe vom Mai 2001) zählt die Luftfahrtsbranche sicher zu jenen Branchen, in denen der Einsatz von OR-Methoden in den letzten Jahren überproportional stark zugenommen hat. Selbst nach den furchtbaren Ereignissen des 11. Septembers in den USA wird die Luftfahrtsbranche weiterhin zu den Wachstumsbranchen in Bezug auf den Einsatz von OR-Methoden zählen. Die in der Luftfahrtsbranche eingesetzten OR-Methoden sind außergewöhnlich vielfältig. Es ist nicht möglich, in einem einzelnen Artikel diesen Bereich auch nur annäherungsweise vorzustellen. Aus diesem Grund ist eine Serie von Artikeln geplant, die einen ersten Einblick in die unterschiedlichen Typen von OR-Fragestellungen, die in der Luftfahrtsbranche eine Rolle spielen, geben sollen. Ein weiteres Ziel dieser Artikelserie soll es sein, Studierenden und jungen Absolventen im Bereich des OR aufzuzeigen, welche Beschäftigungsmöglichkeiten sich im Bereich der Luftfahrtindustrie bieten.

Der folgenden Artikel von Michael Burkard (Diplomstudium der technischen Mathematik an der TU Graz, Doktorat am Institut für OR der ETH Zürich) von der Firma Atraxis in Zürich beschäftigt sich mit *Revenue Management*.

### OR-Einsatz bei Fluggesellschaften I: Revenue Management

Atraxis gehört weltweit zu den führenden internationalen IT-Anbietern im Airline Bereich und hat um die 60 Airlines und 40 Flughäfen als Kunden. Die Firma hat ihren Hauptsitz am Flughafen Zürich und beschäftigt zur Zeit knapp 2200 Angestellte weltweit. Bei der Entwicklung von neuen Produkten für Airlines spielen häufig Optimierungsprobleme eine sehr zentrale Rolle. Aus diesem Grund hat auch Atraxis ein starkes OR-Team, das sich unter anderem auch mit der Entwicklung und Umsetzung von Optimierungsalgorithmen und Lösungen von Optimierungsproblemen beschäftigt. Einige bekannte Anwendungsfelder von OR im Airline Bereich sind Netzwerkplanung, Preisgestaltung, Crew-Einsatzplanung und Bildung von Rotationen für die einzelnen Flugzeuge. Ein weiteres Gebiet, das auf eine relativ lange OR-Geschichte zurückblicken kann, ist das Revenue Management (RM), das ich im folgenden etwas näher vorstellen möchte.

#### Revenue Management

Im RM geht es in erster Linie darum, die Einnahmen einer Airline zu maximieren, wobei das Streckennetz, der Flugplan und die Ticketpreise im allgemeinen als fest angenommen werden. Anders ausgedrückt kann man RM auch wie folgt definieren:

Man möchte den richtigen Platz dem richtigen Passagier zum richtigen Preis und zum richtigen Zeitpunkt verkaufen.

Um diese Aussage etwas besser verstehen zu können, ist es wichtig einige Grundlagen über das Buchungsverhalten von Passagieren zu kennen. Grob kann man die Passagiere

in zwei Gruppen einteilen: (1) die meist relativ früh buchenden Freizeitpassagiere, die normalerweise an möglichst günstigen Tickets interessiert sind, dafür aber auch gewisse Einschränkungen bei der Reisezeit oder ihrer Mindest- und Maximal-Aufenthaltsdauer in Kauf nehmen und (2) die Businesspassagiere, die häufig sehr kurzfristig buchen, an gewissen vorherbestimmten Tagen fliegen müssen, oft vor dem Wochenende wieder zurück sein wollen, dafür aber auch bereit sind mehr für ihr Ticket zu bezahlen.

Der Grund, aus dem nun RM überhaupt von Bedeutung ist, liegt darin, dass normalerweise die Freizeitpassagiere zuerst buchen und es daher schwierig vorherzusagen ist, wieviele Plätze man noch für die später buchenden, besser zahlenden Businesspassagiere reservieren soll. Verkauft man zu viele günstige Plätze, so verliert man Revenue, da man einige gut zahlende Passagiere, die später kommen nicht mehr mitnehmen kann. Verkauft man hingegen zu wenig Plätze, dann bleiben am Ende, wenn die Businesspassagiere gebucht haben noch Plätze frei und man verpasst zusätzlich möglichen Revenue. Neben diesem grundlegenden Problem gibt es noch zahlreiche zusätzliche Aspekte, die in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden müssen, auf die ich hier jedoch nicht näher eingehen möchte.

Eines der einfachsten Konzepte im RM ist die Unterteilung der Ticketpreise der einzelnen Flüge in sogenannte Buchungsklassen. Je nach Airline und Flugzeugtyp können das mehr als 20 Buchungsklassen sein. Damit wird es möglich, den Bedarf gewissermassen an die Nachfrage anzupassen. Durch geschicktes Öffnen und Schliessen der einzelnen Buchungsklassen kann der Revenue Manager die Anzahl zu verkaufender billiger und teurerer Tickets steuern. Eine weitere Verbesserung dieses Konzepts bringt das sogenannte Nesting. Darunter versteht man ein Ineinanderschachteln der verfügbaren Plätze, sodass wann immer billige Plätze frei sind, diese auch in den teureren Kategorien verkauft werden können: Hat man zum Beispiel auf einem Flug Wien-Graz die drei Buchungsklassen Y, M und K mit den folgenden (Durchschnitts-)Preisen: Y: 2000 ATS, M: 1700 ATS, K: 1500 ATS und in Y:2, M:3 und in K:2 verfügbare Plätze, so werden beim Nesting die Plätze von K auch in M und jene von M auch in Y zur Verfügung gestellt; man bietet also in Y:7, M:5 und in K:2 Plätze an. Somit verhindert man Situationen, in denen es zwar noch günstige Tickets zu kaufen gibt, teurere jedoch nicht mehr.

Alle bisher beschriebenen Vorgehensweisen haben einen ganz wesentlichen Nachteil: sie konzentrieren sich bei der Revenue Maximierung immer nur auf einzelne Flugstrecken (Legs), berücksichtigen jedoch nicht das gesamte Streckennetz einer Airline. Speziell bei grösseren Airlines kann es hier jedoch grosse Unterschiede geben und eine optimale Lösung auf allen einzelnen Flugstrecken ist im allgemeinen nicht optimal für das gesamte Streckennetz.

RM Systeme, die ganze Streckennetze bei der Optimierung berücksichtigen, nennt man auch Origin-Destination Revenue Management Systeme, oder kurz O&D RMS. Im Gegensatz zu einer einzelnen Flugstrecke versteht man unter einem O&D ein Start/Ziel Paar. Ein O&D besteht daher häufig auch aus mehreren einzelnen Flugstrecken. Natürlich wird durch die Berücksichtigung eines ganzen Netzwerkes auch die Optimierung komplexer. Normalerweise gilt in solchen Netzwerken bzgl. der Preisstrukturen keineswegs die Dreiecksungleichung. Kurze Strecken sind häufig unverhältnismässig teuer, wenn sie allein geflogen

werden, verglichen mit dem Preis den man bezahlt, wenn die selbe Strecke als Zubringer zu einem Langstreckenflug gebucht wird. Schon allein bei nur drei Städten, zum Beispiel Graz, Wien und New York, hat der Revenue Manager zu entscheiden, ob ein Passagier von Graz über Wien nach New York mitgenommen werden soll, oder es vielleicht doch besser wäre, noch abzuwarten, und darauf zu hoffen, dass noch je ein Passagier auf der Strecke Graz-Wien und ein anderer auf der Strecke Wien-New York buchen wird, womit dann der Gewinn für die Airline etwas grösser wäre.

Um all diese Fragen beantworten und Entscheidungen fällen zu können, ist es wichtig, dass man zuerst eine möglichst genaue Vorhersage hat, wie viele Passagiere prinzipiell auf welchem O&D erwartet werden. Dieses sogenannte *Forecasting* allein stellt schon eine grosse mathematische Herausforderung dar, welche bei Atraxis durch die Teams der Data Mining und Data Warehouses Abteilungen übernommen wird. Über Jahre hinweg werden relevante Flugdaten (z.B. Anzahl Passagiere pro Strecke und O&D, Preise, Auslastung etc.) gesammelt und schliesslich mittels statistischer Verfahren ausgewertet. Auf diese Weise bekommt man dann (meist noch abhängig von der Jahreszeit, dem Wochentag, der Strecke und der Anzahl der momentanen Buchungen) eine Vorhersage, wieviele Passagiere in jeder Buchungsklasse pro O&D zu erwarten sind.

Hat man nun eine solche Vorhersage der Nachfrage für jedes O&D im Streckennetz, so kann man mittels linearer Programmierung berechnen, wieviele Passagiere in jeder Buchungsklasse auf jedem O&D noch akzeptiert werden sollen, sodass die Gesamteinnahmen maximiert werden.

Bei der mathematischen Formulierung dieses Problems benutzen wir folgende Variablen:

- $f_{ij}$  Ticketpreis für O&D  $i$  in Buchungsklasse  $j$
- $x_{ij}$  Anzahl Plätze, die für O&D  $i$  in Buchungsklasse  $j$  reserviert werden sollen
- $c_\ell$  (Freie) Kapazität des Flugzeugs, das Strecke  $\ell$  fliegt
- $d_{ij}$  Berechnete Nachfrage auf O&D  $i$  in Buchungsklasse  $j$
- $n$  Gesamtanzahl von O&Ds im Netzwerk
- $m$  Gesamtanzahl von Buchungsklassen

Das lineare Programm zur Maximierung des Revenues  $R$  kann nun wie folgt formuliert werden:

$$\begin{aligned}
 R(d, f, c) := \max \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij} \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{i: \ell \in OD_i} \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq c_\ell \quad \text{für alle Strecken } \ell \\
 & 0 \leq x_{ij} \leq d_{ij} \quad \text{für alle O&Ds } i \text{ und Buchungsklassen } j
 \end{aligned}$$

Die erste Nebenbedingung wird auch Kapazitätsrestriktion genannt und garantiert, dass nicht mehr Plätze als vorhanden sind, verkauft werden. Man beachte, dass die erste Summe über alle O&Ds geht, die die Strecke  $\ell$  enthalten. Die zweite Nebenbedingung ist

die Nachfragebedingung. Sie verhindert, dass mehr Plätze zur Verfügung gestellt werden als überhaupt benötigt werden. Die Lösung  $x$  dieses linearen Programms ist nicht notwendigerweise ganzzahlig!

Vielmehr als das oben beschriebene primale lineare Programm, wird in der Praxis seine duale Formulierung benutzt. Führt man die Dualvariablenvektoren  $\lambda$  und  $\mu$  für die zwei Typen von Restriktionen ein, so erhält man:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij} \mu_{ij} + \sum_{\ell} c_{\ell} \lambda_{\ell} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{\ell \in OD_i} \lambda_{\ell} + \mu_{ij} \geq f_{ij} \quad \text{für alle O\&Ds } i \text{ und Buchungsklassen } j \\ & \lambda_{\ell} \geq 0, \mu_{ij} \geq 0 \end{aligned}$$

Der Vorteil dieser Formulierung ist, dass der Wert nun dem Zuwachs der Netzwerk-Einnahmen entspricht, der realisiert werden könnte, falls die Kapazität auf der Strecke  $\ell$  um eins erhöht werden würde. In diesem Zusammenhang werden die Werte auch als sogenannte Bid-Preise interpretiert. Der Bid-Preis kann als Entscheidungsgrundlage dafür herangezogen werden, ob eine neue Buchung auf einem O&D akzeptiert oder zurückgewiesen werden soll: Ist der Ticketpreis für ein O&D (in der gewünschten Buchungsklasse) grösser als die Summe aller Bid-Preise auf den einzelnen Teilstrecken des O&Ds, dann akzeptiere eine Buchung, andernfalls lehne sie ab. In unserem Graz-Wien-New York Beispiel könnte der Ticketpreis für das O&D Graz-New York (über Wien) in der Y-Klasse z.B. 20000 ATS, in M: 12000 ATS und in K: 9000 ATS betragen. Liegt nun der Bid-Preis für die Strecke Graz-Wien bei 1700 ATS und jener für Wien-New York bei 10000 ATS, dann würde eine Anfrage für ein Ticket Graz-New York wie folgt behandelt werden:

- Anfrage in Y: akzeptiert, da  $20000 - 10000 - 1700 > 0$ ,
- Anfrage in M: akzeptiert, da  $12000 - 10000 - 1700 > 0$ ,
- Anfrage in K: abgelehnt, da  $9000 - 10000 - 1700 < 0$ .

Nach einer Buchung ändert sich auch die freie Kapazität der entsprechenden Flüge und somit die Input-Daten für das lineare Programm. Da man hier mit Preisen hantiert, ist die Ganzzahligkeit der Lösung nicht mehr von Bedeutung.

Inzwischen gibt es zahlreiche Verfeinerungen dieses Modells, die auch noch zusätzliche Aspekte berücksichtigen können. Auch muss bei einer Implementierung dieser Methode darauf geachtet werden, dass keine allzu grosse Systembelastung resultiert. Schliesslich finden bei grösseren Airlines pro Sekunde mehrere hundert Buchungen statt, und selbst wenn lineare Programme heutzutage schnell gelöst werden können, so ist es doch nicht möglich, bei jeder Änderung eine Re-Optimierung durchzuführen.

Gemäß Simulationen und Schätzungen bringt die beschriebene Bid-Preis Methode einen Revenuegewinn von 0,8–2%, was für grössere Airlines durchaus Beträge in Milliardenhöhe

bedeuten kann. Nicht zuletzt aus diesem Grund sind zur Zeit viele Airlines dabei, ihr momentanes RM System um eine O&D-Steuerung zu erweitern.

Mit diesem kleinen Exkurs ins RM wollte ich einen ersten Einblick in die Komplexität der Optimierungsprobleme im Airline-Bereich geben. Viele der eingangs erwähnten Aufgaben hängen sehr eng zusammen und können oft nicht einfach separat behandelt werden. Nur das gesammelte Wissen aus den unterschiedlichsten Bereichen erlaubt es, solch komplexe Probleme erfolgreich zu behandeln. Letztlich ist es aber gerade diese Herausforderung, die diesen Bereich so spannend macht.

### **Kontaktadresse des Autors**

DI Dr. Michael Burkard  
Atraxis AG  
CKCA  
CH-8058 Zürich Flughafen  
e-mail: mburkard@atraxis.com

Michael Burkard (Atraxis, Zürich)

## **OR-Aktivitäten in Österreich**

### **Arbeitsgruppe „Operations Research und Systemtheorie“ an der Technischen Universität Wien**

#### **Personal**

Die Arbeitsgruppe „Operations Research und Systemtheorie“ am Institut für Ökonometrie, Operations Research und Systemtheorie der Technischen Universität Wien (siehe <http://www.eos.tuwien.ac.at/OR/>) steht seit ihrer Gründung im Jahre 1972 unter der Leitung von

- O.Univ.Prof. Dr. Gustav Feichtinger,

der zur Zeit auch Institutsvorstand sowie Leiter der Abteilung für Theorie und Grundlagenforschung am Institut für Demographie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften ist. Neben Gustav Feichtinger besteht die Arbeitsgruppe derzeit aus den Mitarbeitern

- Vertr.Ass. Dipl.-Ing. Josef Haunschmied,
- Ao.Univ.Prof. Dr. Alexander Mehlmann,
- Univ.Ass. Dr. Gernot Tragler,

den ProjektassistentInnen

- Dr. Christian Almeder (ÖNB),
- Dr. Doris Behrens (FWF),
- Dr. Vladimir Veliov (FWF)

sowie den externen MitarbeiterInnen

- Dipl.-Ing. Maria Dworak und
- Dr. Thomas Fent.

### **Kooperationen**

Kooperationen mit nationalen und internationalen Wissenschaftlern bzw. Institutionen (z.B. mit dem Population Project am IIASA unter der Leitung von Univ.Doz. Dr. Wolfgang Lutz) spielen vor allem in der Forschung eine sehr wichtige Rolle. Exemplarisch sei hier aus Platzgründen nur auf jene ehemaligen MitarbeiterInnen hingewiesen, die sich am Lehrstuhl habilitiert haben; zu diesen zählen

- Univ.Doz. Dr. Alexia Fürnkranz-Prskawetz (Max Planck Institut für Demographische Forschung, Rostock),
- O.Univ.Prof. Dr. Richard Hartl (Universität Wien / BWZ, Lehrstuhl für Produktion und Logistik),
- Univ.Prof. Dr. Mikulas Luptacik (Wirtschaftsuniversität Wien, Institut für Volkswirtschaftstheorie und -politik) oder
- Prof. Dr. Gerhard Sorger (Queen Mary, University of London, Department of Economics).

### **Lehre**

In der Lehre werden vor allem StudentInnen des Studienganges „Wirtschafts- und Planungsmathematik“ der Studienrichtung „Technische Mathematik“ sowie der Studienrichtung „Informatik“ – ausnahmslos im zweiten Studienabschnitt – betreut. Das Lehrangebot beinhaltet sowohl Grundlagen des OR als auch Weiterführendes (z.B. Data Envelopment Analysis, graphentheoretische Methoden des OR, Methoden der Demographie und Bevölkerungsökonomie, nichtlineare dynamische Systeme, optimale Kontrolltheorie, dynamische Spieltheorie, Warteschlangentheorie) in Form von Vorlesungen, Übungen, Seminaren, Konversatorien und Praktika.

Eine traditionell wichtige Rolle in der Lehre nimmt auch die Betreuung von DiplomandInnen und DissertantInnen ein, die mit ihren Arbeiten direkt in die aktuelle Forschung der Arbeitsgruppe miteinbezogen werden. Für besonders begabte DiplomandInnen wird

nach Möglichkeit eine Forschungsbeihilfe gewährt, falls die Diplomarbeit in direktem Zusammenhang mit einem Drittmittelprojekt des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF) oder der Österreichischen Nationalbank (ÖNB) steht.

### **Forschung / Geförderte Projekte**

Zur Zeit laufen in der Arbeitsgruppe folgende zwei Drittmittelprojekte unter der Leitung von Gustav Feichtinger mit Unterstützung von Gernot Tragler:

- FWF-Projekt Nr. P14060-OEK: „Dynamics and Control of Illicit Drug Consumption“ (Beginn: 1. September 2000, Laufzeit: 3 Jahre) bzw.
- ÖNB-Projekt Nr. 8466: „Optimale Steuerung altersstrukturierter ökonomischer Modelle“ (Beginn: 1. Dezember 2000, Laufzeit 1,5 Jahre).

Zwei weitere FWF-Projekte sind in diesem Jahr ausgelaufen; es waren dies:

- FWF-Projekt Nr. P11711-OEK: „Dynamic Law Enforcement“ (Ende: 30. April 2001, Laufzeit: 4,5 Jahre) bzw.
- FWF-Projekt Nr. P10850-OEK: „Nonlinear Dynamics and Economic Growth“ (Ende: 30. September 2001, Laufzeit: 5 Jahre).

Zusätzlich besteht eine Beteiligung am „Activity Center of Mathematics at TU Wien“ zum Thema „Differential Equations and Dynamical Systems“, für welches Mittel aus den Dotationen des Fachbereiches Mathematik an der TU Wien zur Verfügung gestellt werden. (Für nähere Informationen siehe <http://deana.math.tuwien.ac.at/sp/>). Wenngleich die Forschung im Rahmen dieser Projekte bei weitem nicht alle innerhalb der Arbeitsgruppe behandelten Bereiche abdeckt, so spiegelt sie doch fünf Kernbereiche wider, die in den letzten Jahren eine zentrale Rolle eingenommen haben. Es handelt sich dabei um

- Dynamische Kosten-Nutzen-Analysen,
- Nichtlineare Dynamische Systeme in der Ökonomie,
- Ökonomie des Verbrechens,
- Operations Research & Public Economics bzw.
- Optimale Steuerung altersstrukturierter ökonomischer Modelle,

wobei generell eine Vernetzung zwischen den einzelnen Bereichen gegeben ist. Dem Forschungsschwerpunkt „Economics of Crime“ ist unter

<http://www.eos.tuwien.ac.at/OR/research/EoC/>

eine eigene Homepage gewidmet, und auf der Homepage „Forschungsdokumentation Online“ des Außeninstituts der Technischen Universität Wien unter

<http://fodok.tuwien.ac.at/online-bin/run?function=institute&id=E119>

findet der interessierte Leser eine umfassende Beschreibung nahezu aller aktuellen Forschungsgebiete der Arbeitsgruppe.

## Methoden

Während in der Lehre ein sehr breites Spektrum an OR-Methoden angeboten wird, liegt der Schwerpunkt in der Forschung vor allem auf der Anwendung von Methoden, die der dynamischen Optimierung zuzuordnen sind (insbesondere optimale Kontrolltheorie, dynamische Spieltheorie). Neben der Anwendung existierender Methoden (z.B. Pontrjaginsches Maximumprinzip) erfordert die Analyse von anwendungsorientierten Problemen auch die Entwicklung neuer Instrumente. Große Fortschritte wurden jüngst beispielsweise im Bereich des "Distributed Parameter Control" erzielt, also der optimalen Steuerung dynamischer Systeme mit verteilten Parametern (z.B. Alter), wo bis dahin bestehende Lösungsverfahren versagten. Natürlich ist neben dem rein analytischen Zugang generell auch die Anwendung geeigneter Computer-Software von Nöten, zu welchem Zweck vor allem die Mathematik-Pakete MATHEMATICA bzw. MATLAB verwendet werden.

## Veranstaltungen

Die Arbeitsgruppe veranstaltet regelmäßig ein „Konversatorium aus Operations Research“, im Rahmen dessen sowohl nationale als auch internationale OR-Fachleute ihre aktuelle Forschung präsentieren. Darüberhinaus organisiert die Gruppe um Gustav Feichtinger auch Workshops zu verschiedenen OR-Themen mit variierender Größe, von denen der alle zwei bis drei Jahre stattfindende „Wiener Workshop“ (in Kooperation mit dem derzeitigen Vorstandsvorsitzenden der ÖGOR, O.Univ.Prof. Dr. Richard Hartl) mit seinen bisher sieben Veranstaltungen der wohl traditionsreichste und zugleich größte ist.

## Kontaktinformation

O.Univ.Prof. Dr. Gustav Feichtinger  
Technische Universität Wien  
Institut für Ökonometrie, Operations Research und Systemtheorie  
Argentinierstraße 8/119  
A - 1040 Wien  
Tel.: +43 - 1 - 58801 - 11927  
Fax.: +43 - 1 - 58801 - 11999  
E-Mail: [or@eos.tuwien.ac.at](mailto:or@eos.tuwien.ac.at)  
Homepage: <http://www.eos.tuwien.ac.at/OR/Feichtinger/>

Gernot Tragler (TU Wien)