



**HIGHTECH THEMA:
GEOMATHEMATIK – SCHLÜSSEL-
TECHNOLOGIE IN LOGISTIK, BAU
UND VERKEHR**



OPTIMIERUNG FÜR DIE GELBEN ENGEL

vor einigen Jahren mussten Disponenten die Flut der Aufträge auf die Gelben Engel verteilen und für diese „möglichst effektive Touren“ planen, so dass die liegen gebliebenen Autofahrer (beim ADAC „Havaristen“ genannt) nicht lange warten müssen und gleichzeitig die Betriebskosten (Fahrtkosten, Inanspruchnahme von externen Ressourcen, etc.) minimiert werden.

Steigende Kosten und wachsendes Pannenvolumen veranlassten den ADAC, über eine Automatisierung der Disposition nachzudenken. Aus mathematischer Sicht ist das Dispositionsproblem beim ADAC ein so genanntes kombinatorisches Online-Problem mit strikten Echtzeitanforderungen. Es gibt im Prinzip nur endlich viele mögliche Lösungen: Kombinatorik, die Daten werden schrittweise bekannt (Online-Problem) und es werden Antwortzeiten im Sekundenbereich erwartet (Echtzeit-Aspekt), um den Havaristen innerhalb ih-

rer Anruferzeit eine gute Schätzung für ihre Wartezeit mitzuteilen.

In Zusammenarbeit mit Benjamin Hiller und Luis Miguel Torres (Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin) und Jörg Rambau (Universität Bayreuth) wurde für den ADAC zunächst ein mathematisches Modell auf Basis ganzzahliger Linearer Optimierung entwickelt. Dem Modell liegt ein tourenbasierter Ansatz zugrunde. Im Prinzip gibt es für jede mögliche Tour, die ein Gelber Engel fahren kann, eine boolesche Entscheidungsvariable, die angibt, ob diese Tour in der Lösung verwendet wird oder nicht. Obwohl solche Modelle bereits in der Literatur vorhanden waren und auch etwa für die strategische Planung bei Fluggesellschaften verwendet wurden, hielt man sie unter Echtzeitrestrictionen für komplett unbrauchbar. So enthält etwa bereits eine kleinere Instanz mehr als 10 Milliarden ganzzahlige Vari-

Wer kennt sie nicht, die „Gelben Engel“ des Allgemeinen Deutschen Automobilclubs (ADAC)? Wenn man mit einer Panne stehen bleibt, greift man normalerweise zum Mobiltelefon und erwartet dann schnelle Hilfe. Über 300 Pannen pro Stunde laufen heutzutage in jeder der fünf Hilfezentralen des ADAC ein, die alle mit einem Einsatzleit- und Dispatchsystem des Unternehmens Intergraph ausgestattet sind. Bis

Intergraph Public Safety & Security

Ihre Mission ist es, Einsätze zu disponieren und Einsatzkräfte effektiv zu steuern. Unsere Mission ist es, Sie durch die Entwicklung führender Technologien dabei zu unterstützen. Bei Hunderten von Organisationen weltweit sind Intergraph-Lösungen implementiert und sorgen für das Wohl von mehr als einer halben Milliarde Menschen.

Intergraph liefert bereits seit Anfang der 1990er Jahre umfassende Gesamtlösungen für Notfall- und Einsatzleitstellen in Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), bei Automobilclubs und Energieversorgungsunternehmen.

Zudem bietet Intergraph modulare Softwarelösungen für ein übergreifendes Katastrophenmanagement.

Unsere Produktpalette deckt das komplette Spektrum der Prozesse im Bereich Public Safety & Security ab.

Intergraph (Deutschland) GmbH
Reichenbachstraße 3
85737 Ismaning
Tel.: +49 (0)89 96106-0
www.intergraph.de



INTERGRAPH

Create a Safer World

$$\min \sum_{R \in \mathcal{R}} c_R x_R + \sum_{S \in \mathcal{S}} c_S x_S$$

$$\sum_{S \in \mathcal{S}} b_{Se} x_S + \sum_{R \in \mathcal{R}} a_{Re} x_R = 1 \quad \forall e \in E;$$

$$\sum_{R \in \mathcal{R}_u} x_R = 1 \quad \forall u \in U;$$

$$x_R \in \{0, 1\} \quad \forall R \in \mathcal{R};$$

$$x_S \in \{0, 1\} \quad \forall S \in \mathcal{S}.$$

ablen: viel zu viele selbst für die besten kommerziellen Solver.

Der Durchbruch kam für das Projekt mit einem neuen effizienten Verfahren zum „Auspreisen“ der Touren [1]. Damit kann das Modell für mittlere bis große Instanzen unter Zuhilfenahme von Techniken der polyedrischen Kombinatorik in 10 Sekunden beweisbar optimal gelöst werden. Das Verfahren produziert dabei neben der Lösung auch gleichzeitig ein mathematisches Zertifikat für ihre Optimalität.

Die jeweiligen Positionen der gelben Engel werden über das satellitengestützte Ortungssystem GPS ermittelt. Ohne diese

Information wäre das Modell zwar theoretisch äußerst interessant, aber praktisch wohl nutzlos. Die per GPS ermittelten Koordinaten gehen ebenso in die Rechnung ein wie die Standorte der Havaristen, ihre gewünschten Reparaturtermine (sofort oder ab einer bestimmten Uhrzeit), sowie die Betriebskostenparameter der Gelben Engel. Per Datenfunk werden die Pannendaten an die Gelben Engel übermittelt. Sämtliche Informationen können im Einsatzleitsystem von Intergraph mit Anruferverwaltung, Dispatching, Schriftgut- und Informationsverwaltung übernommen werden, so dass sich dem ADAC-Disponenten die Gesamtsituation in Echt-Zeit-Karten und analoger Übersicht sekunden-schnell darstellt.

Aktuell forschen die Mitglieder der Arbeitsgruppe Optimierung an noch schnelleren Algorithmen, um auch mit höchster Last (etwa bei Ausfall einer Hilfezentrale und plötzlichem Wintereinbruch) bestmöglich umgehen zu können. Weiterhin wird untersucht, wie man die Unsicherheit in den

Daten beherrschen kann. Eine zentrale Frage ist es, wie man, ohne zu wissen, wo und wann die nächste Panne auftritt, trotzdem beweisbar gute Lösungen generieren kann [2,3].

... Prof. Dr. Sven O. Krumke

Literatur:

[1] S. O. Krumke, J. Rambau, L. M. Torres, *Real-Time Dispatching of Guided and Unguided Automobile Service Units with Soft Time Windows*, *Proceedings of the 10th Annual European Symposium on Algorithms, Lecture Notes in Computer Science 2461*, Springer, 2002, 637-648

[2] S. Westphal, S. O. Krumke, *Improved Pruning in Column Generation of a Vehicle Routing Problem*, *Proceedings of the 2nd Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications, 2005*, 705-722 (Journal version to appear in: *Annals of Operations Research*, 2007)

[3] S. O. Krumke, Sleman Saliba, Tjark Vredeveld and Stephan Westphal, *Approximation Algorithms for a Vehicle Dispatching Problem*, *Mathematical Methods of Operations Research*, 2007 (to appear).

Quelle für das erste Bild: Allgemeiner Deutscher Automobilclub e.V. (<http://presse.adac.de>)

www.kaeser.com

KAESER
KOMPRESSOREN

Technik mit Zukunft?

... da sind Sie bei uns genau richtig!

Sie haben Ihr Studium erfolgreich abgeschlossen, sind voller Ideen und Tatendrang? Wenn Sie als

Hochschulabsolvent (m/w)

der Fachbereiche Maschinenbau, Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen.

etwas bewegen wollen, sich gern herausfordern und für technische Fragen begeistern lassen, dann sollten wir uns kennenlernen! Entwickeln und gestalten Sie mit uns innovative, zukunftsfähige Technik. Finden Sie Antworten und Lösungen, die auch Sie persönlich weiterbringen.

In **Entwicklung/Konstruktion, Produktion und Vertrieb** unseres weltweit aktiven Unternehmens können Sie beweisen, was in Ihnen steckt. Anspruchsvolle, inspirierende Aufgaben, leistungsgerechte Bezahlung und eine aussichtsreiche berufliche Zukunft erwarten Sie.

Ansprechpartner für Ihre Bewerbung ist unser Personalreferent, Herr Michael Scheler

KAESER KOMPRESSOREN GmbH

Personalwesen

Carl-Kaeser-Str. 26 – 96450 Coburg – Telefon: +49 9561 640-443 – E-Mail: personal@kaeser.com

KAESER KOMPRESSOREN

ist einer der führenden Hersteller von Kompressoren und Produkten der Drucklufttechnik sowie Systemanbieter für Komplettlösungen zur Druckluft-erzeugung und -aufbereitung. Das Unternehmen beschäftigt über 3000 Mitarbeiter und ist mit seinem Vertriebs- und Servicenetz weltweit präsent. Kaeser-Produkte und -Dienstleistungen kommen in produzierenden Unternehmen aller Branchen zum Einsatz.