

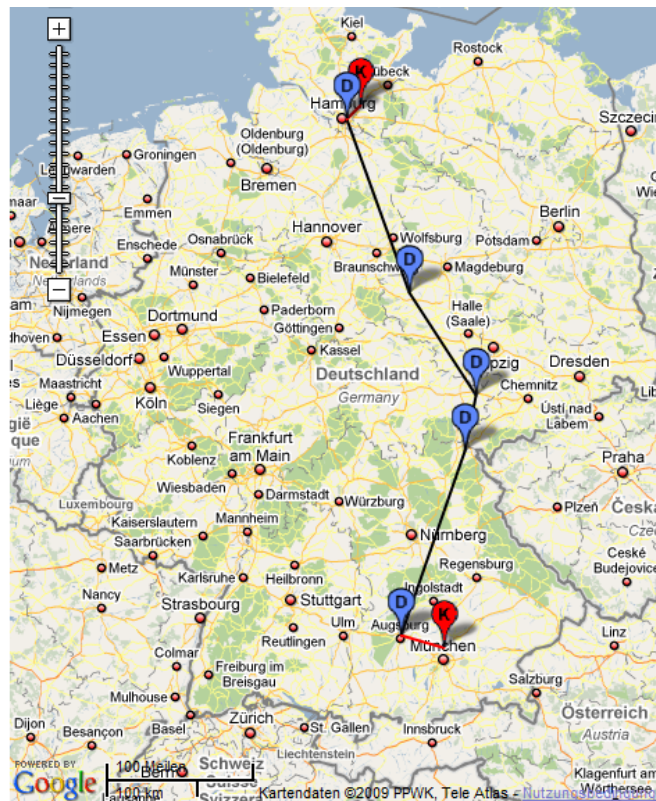
IWI Diskussionsbeiträge # 38 (11. Januar 2010)¹



ISSN 1612-3646

Plattformunabhängiges Softwareengineering eines Transportmodells zur ganzheitlichen Disposition von Strecken- und Flächenverkehren

Tim Rickenberg², Hans-Jörg von Mettenheim³ und Michael H. Breitner⁴



¹ Kopien oder eine PDF-Datei sind auf Anfrage erhältlich: Institut für Wirtschaftsinformatik, Leibniz Universität Hannover, Königsworther Platz 1, 30167 Hannover (www.iwi.uni-hannover.de).

² Cand. Dipl. Wirtsch.-Ing. Tim Rickenberg (rickenberg@iwi.uni-hannover.de).

³ Dr. rer. pol., Diplom-Mathematiker, Institut für Wirtschaftsinformatik (mettenheim@iwi.uni-hannover.de).

⁴ Professor für Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre und Direktor des Instituts für Wirtschaftsinformatik (breitner@iwi.uni-hannover.de).

Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	3
2	GRUNDLEGENDE STRUKTUR VON TRANSPORTNETZEN	4
3	KONZEPT.....	5
4	INTERNETPLATTFORM	6
5	IMPORTPROGRAMM JIMPORT	9
6	ROUTINGPROGRAMM JROUTER	9
6.1	GRAPHISCHES INTERFACE.....	10
6.2	VISUALISIERUNG.....	12
6.3	EINSTELLUNGEN.....	17
6.4	GRUNDLAGEN DES IMPLEMENTIERTEN ROUTINGALGORITHMUS	20
6.5	ABLÄUFE IM ROUTINGALGORITHMUS.....	25
6.6	SPEICHERN DER ROUTINGERGEBNISSE	29
7	FAZIT UND AUSBLICK	33

Abstract

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der automatisierten Generierung optimierter Transportketten zur Disposition von Strecken- und Flächenverkehren in komplexen Transportnetzen. Trotz fortschreitender Informationstechnologien wird die Disposition von Transportaufträgen im Allgemeinen noch manuell durch einen Disponenten durchgeführt. Im Laufe dieser Arbeit werden Operations Research Verfahren wie z.B. Heuristiken implementiert, um diese umfassende Aufgabenstellung automatisch zu lösen. Unter Berücksichtigung der Restriktionen und Nebenbedingungen (wie Kapazitäten und Zeitfenster) werden durch den erstellten Routingalgorithmus Potentiale zur Kostenreduzierung aufgedeckt. Um dem Nutzer die erstellten Forschungsergebnisse bereitzustellen, wurde eine Internetplattform erstellt, auf der die plattformunabhängige Software im Sinne des Open-Source Gedanken frei zugänglich gemacht wird. Die internetfähigen Java Programme ermöglichen Import und Erstellen von Logistikdaten sowie deren Verarbeitung im Routingalgorithmus und die Visualisierung.

Schlüsselwörter: Transportnetzwerk, Disposition, Restriktionen, A* (A Stern) Algorithmus, Generierung optimierter Transportketten, Heuristik

This paper deals with the automated generation of optimized transport chains for the disposition of near or far transfer orders within complex transport networks. Despite the progression of information technologies the disposition of transfer orders is generally still performed manually by a dispatcher. In the context of this study operations research methods were implemented to solve this comprehensive task automatically. Taking into consideration the restrictions and additional conditions (e.g. capacities and time frames) the routing algorithm is able to point out potentialities to reduce costs. In order to provide the research results to the user an internet platform was created on which the platform independent software can be accessed freely according to the open source concept. Those web-enabled java programs allow the import and creation of logistical data, plus calculation routes and their visualizations.

Keywords: Transport Network, Disposition, Restrictions, A* Algorithm, Conception of Optimized Transport Chains, Heuristics

1 Einführung

Die gerade gegenwärtige Wirtschaftskrise verdeutlicht wieder einmal, wie wichtig rationale und kostenminimale Prozesse für Unternehmen sind. Kein Unternehmen kann es sich auf Dauer leisten, unter einer Kostenstruktur zu operieren, die höher ist als die der Konkurrenz. Davon ist auch, oder gerade auch, die Logistikbranche nicht ausgenommen. Durch stark gesunkene Transportmengen müssen Logistikprozesse und Transportvorgänge optimiert werden und Kosten gesenkt werden, um wirtschaftlich und konkurrenzfähig zu arbeiten. Trotzdem wird oftmals in Sammelladungsspeditionen die Disposition manuell, also ohne den Einsatz von EDV allein auf Basis von persönlicher Erfahrung des Disponenten, durchgeführt⁵. Manuelle Disposition unter Zeitdruck erschwert das Finden einer ganzheitlichen Lösung und häufig wird das Zustandekommen der benutzten Route nicht hinterfragt.

Die Optimierung des Auftragspools in einem gegebenen Streckennetz durch Operations Research Verfahren ist ein wichtiger Ansatzpunkt für die Senkung der Kosten in der Logistikbranche. Dieser Ansatz wird in dem vorliegenden Diskussionsbeitrag, welcher im Laufe eines durch die AiF geförderten Projektes entstanden ist, untersucht. Ziel des Projektes mit dem Namen „Ganzheitliche Disposition von Strecken- und Flächenverkehren durch kombinierten Einsatz modifizierter Operations Research Verfahren“ (kurz „DiSFOR“) ist die automatische Generierung von komplexen Transportketten für den Güterversand durch Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien. Um diese umfassende Aufgabe in einem begrenzten Zeitraum mit moderner IT lösen zu können, ist der Einsatz von Heuristiken unabdinglich. Die Nebenbedingungen des Transportproblems ergeben sich aus den Kapazitäten (bspw. Fläche und Gewicht) und den zeitlichen Restriktionen. Als Kostenparameter werden sowohl Hauptlaufkosten als auch Vor- und Nachlaufkosten sowie Umschlagkosten betrachtet. Die feste Zuordnung von Versendern und Empfängern zu Depots wird aufgrund des ganzheitlichen und zentralen Planungsansatzes aufgehoben. Dieser Ansatz unterstützt Netzwerkstrukturen mit mehrfach gebrochenen Hauptläufen durch Umschläge an Depots als auch Netzstrukturen mit Direktverkehren. Gerade häufig gebrochene Verkehre erhöhen die Komplexität und erschweren die manuelle Planung für den Disponenten.

Das Ergebnis dieser Studie soll die operative Disposition unterstützen und somit die Verteilung von Aufträgen auf ein bestehendes Transportnetz ermitteln. Dabei sollen wesentliche Potentiale zur Kostenreduzierung aufgedeckt werden. Vor allem kleinen und mittelständischen Unternehmen mit begrenztem Forschungsbudget kommen die Forschungsergebnisse des Projektes zu Gute, da die Ergebnisse als Open-Source Software zu Verfügung gestellt werden. Im Rahmen des DiSFOR Projektes wurde bereits ein lauffähiger, umfangreicher Demonstrator auf Basis von Microsoft Access erstellt. Dieser ist jedoch an Microsoft Access gebunden und nicht internetfähig. Um die Ergebnisse dieser Studie besser veröffentlichen zu können, wurden zwei plattformunabhängige und internetfähige Demonstratoren erstellt. Diese machen die Funktionalität dieser Studie dem Nutzer auf einer Internetplattform praktisch und komfortabel zugänglich.

Im nachfolgenden Kapiteln wird als Einstieg die grundsätzliche Struktur der zugrunde gelegten Transportnetze beschrieben und das Konzept dieser Studie skizziert. Anschließend werden die Internetplattform und beide Demonstratoren erläutert. Im Anschluss daran befindet sich ein Fazit mit einem Ausblick.

⁵ Vgl. Janz (2002).

7 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieser Studie wurde ein Transportmodell erstellt, mit dem durch automatische Generierung von Transportketten die Disposition von Strecken- und Flächenverkehren in komplexen Transportnetzen optimiert wird. Dabei werden unter Berücksichtigung der Nebenbedingungen und Restriktionen die kostenminimalen Routen zur Auftragsabwicklung bestimmt. Innerhalb von wenigen Sekunden können so für einen vollständigen Auftragspool die Routen über die vorliegenden Knoten und Kanten in einem Ausmaß berechnet werden, wie es durch manuelle Planung nicht möglich wäre. Verschiedene Einstellungsmöglichkeiten und Parameter können zur Anpassung des Modells an das reale Transportgeschäft genutzt werden. Die Visualisierung von Knoten, Kanten und Aufträgen erhöht die Übersichtlichkeit und dient außerdem zur graphischen Überprüfung der Routingergebnisse. Die hier erarbeiteten und im Internet veröffentlichten Forschungsergebnisse sollen Logistik- und Transportunternehmen einen Anstoß geben, ihre bisherigen Vorgehensweisen bei der Disposition zu überdenken. Das Importprogramm JImport ermöglicht den einfachen Import des Transportnetzes und der Transportaufträge eines Unternehmens. Diese Daten können dann von dem Routingprogramm JRouter aufgenommen werden und durch heuristische Verfahren optimiert werden. Somit sind Unternehmen in der Lage, ohne großen Aufwand und Kosten ihre Routenplanung mit den Ergebnissen dieser Studie zu verifizieren. Folgende kritische Fragen könnten dem Disponenten helfen, Kostensenkungspotentiale aufzudecken:

- Wie werden im Unternehmen Transportaufträge geplant?
- Wird bei der zur Routenplanung eingesetzten Systematik die Kostenminimierung als Kernkonzept angesehen?
- Ist die Disposition von Transportaufträgen personenunabhängig?
- Steht bei der Disposition von Aufträgen genug Zeit zur Verfügung, um den Auftragspool ganzheitlich zu analysieren und kostenoptimal zu planen?
- Werden bestehende Routen regelmäßig auf ihre Effizienz überprüft?
- Wird geprüft, wie und warum Routen zustande gekommen sind?
- Werden Routen nur so gefahren, weil sie immer so gefahren wurden?

Durch die automatisierte Berechnung und Optimierung des Auftragspools in dem Routingprogramm kann eine von manueller Disposition losgelöste Referenzlösung erstellt werden. Sie stellt unabhängig und neutral das berechnete Optimum dar. Dieses kann dann mit der realen Disposition verglichen werden und Abweichungen bilateral kritisch hinterfragt werden.

Die Forschungsergebnisse wurden in Form einer Internetplattform der Öffentlichkeit frei zur Verfügung gestellt. Der Open-Source Gedanke und die Plattformunabhängigkeit dieser Studie soll zur Weiterentwicklung des erstellten Modells motivieren. Gerade KMUs können so auf dieser Plattform aufbauen und sie an ihre Anforderungen anpassen und erweitern. Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch die universelle XML-Schnittstelle, durch die auch Optimierungssysteme und -programme wie bspw. ILOG CPLEX angesteuert werden können. Als Ausblick für weitere Entwicklungen ist die Implementierung von verschiedenen Verkehrsarten (Linienverkehr, Begegnungsverkehr, Rundläufe, etc.), das Erstellen von Restriktionen für Vor- und Nachlauf sowie das Begrenzen von Depotkapazitäten zu nennen. Auch das Erzeugen eines optimierten Startvektors für unterminierte Kanten durch eine Heuristik scheint erfolgsversprechend. Letztendlich wird

durch unterminierte Kanten ein Schritt von der operativen Planung hin zur taktischen gegangen. Die vorliegende Studie unterstützt die operative Tourenplanung durch die Optimierung der Auftragsabwicklung in einem größtenteils gegebenen Transportnetz. Strategisch betrachtet ist die Optimierung des Transportnetzes (Depotstandorte, Routenführung, Verkehrsart, Zeitfenster, etc.) unter Betrachtung einer großen Menge von Aufträgen hochrelevant und eröffnet großes Kostensenkungspotential.

Literaturverzeichnis

1. Balthes-Götz, B. (2003). Einführung in das Programmieren mit Java. Trier: Universitäts-Rechenzentrum Trier.
2. Domschke, W. (1995). Logistik: Transport. München: Oldenbourg.
3. Domschke, W., & Drexl, A. (2007). Einführung in Operations Research. Berlin: Springer-Verlag.
4. Elchner, J. (1989). Die Tourenkonstruktion im heterogenen Fuhrpark. Regensburg: CH-Verlag & Druckerei.
5. Elmasri, R., & Navathe, S. (2002). Grundlagen von Datenbanksystemen. München: Pearson Education Deutschland GmbH.
6. Google Maps-API-Konzepte. (2009). Abgerufen am 6.11.2009 von Google Maps: <http://code.google.com/intl/de/apis/maps/documentation/index.html>
7. Janz, O. (2002): Integriertes Transportnetzmanagement. Dissertation Universität Mannheim.
8. Jenkins, R. (30.11.2008). A-Star Algorithm in Java. Abgerufen am 6.11.2009 von Memoization: <http://memoization.com/2008/11/30/a-star-algorithm-in-java/>
9. Kemper, A., & Eickler, A. (2006). Datenbanksysteme. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
10. Lenz, B. (25.02.2009). landkarte-deutschland01-klein.jpg. Abgerufen am 9.03.2009 von Landkarte Direkt: <http://www.landkarte-direkt.de>
11. Lafore, R. (2003). Data Structures & Algorithms in Java. Indianapolis: Sams Publishing.
12. Lester, P., & Weber-Groß, W. (6.03.2006). A* Pfadfindung für Anfänger. Abgerufen am 6.11.2009 von http://www.policyalmanac.org/games/aStarTutorial_de.html
13. Lusti, M. (2003). Dateien und Datenbanken. Berlin: Springer-Verlag.
14. Möller, R., & Hotz, L. (1991). Suchalgorithmen und Interaktionstechniken für Fahrplan Informationssysteme. Labor für Künstliche Intelligenz , Bericht LKI-M-91/3.
15. Nazmul. (21.04.2008). Geocoding tutorial – Accessing Google Static Maps from Java. Abgerufen am 27.11.2009 von Developer Life: <http://developerlife.com/tutorials/?p=274>
16. Ottmann, T., & Widmayer, P. (1996). Algorithmen und Datenstrukturen. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag GmbH.
17. Otto, A., & Gräbel, P. (19.04.2004). Visualisierte Suchalgorithmen . Abgerufen am 6.11.2009 von Suchalgorithmen in der Informatik: <http://kik.informatik.fh-dortmund.de/visual/>
18. Pankratz, G., & Gehring, H. (2000). Ein genetischer Algorithmus für ein dynamisches expeditionelles Dispositionsproblem. Operations Research Proceedings , 420-425.
19. Patel, A. (1.06.2009). Amit's A* Pages. Abgerufen am 6.11.2009 von Amit's Game Programming Site: <http://theory.stanford.edu/~amitp/GameProgramming/>
20. Suhl, L., & Mellouli, T. (2006). Optimierungssysteme. Berlin: Springer-Verlag.
21. Ullenboom, C. (2006). JAVA ist auch eine Insel. Bonn: Galileo Press.
22. Vonhoegen, H. (2007). Einstieg in XML. Bonn: Galileo Press.
23. Vossen, G. (2008). Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
24. Wolmeringer, G. (2007). Java 6 lernen mit Eclipse. Bonn: Galileo Press.

IWI Discussion Paper Series/Diskussionsbeiträge

ISSN 1612-3646

- Michael H. Breitner, *Rufus Philip Isaacs and the Early Years of Differential Games*, 36 p., #1, January 22, 2003.
- Gabriela Hoppe and Michael H. Breitner, *Classification and Sustainability Analysis of e-Learning Applications*, 26 p., #2, February 13, 2003.
- Tobias Brüggemann und Michael H. Breitner, *Preisvergleichsdienste: Alternative Konzepte und Geschäftsmodelle*, 22 S., #3, 14. Februar, 2003.
- Patrick Bartels and Michael H. Breitner, *Automatic Extraction of Derivative Prices from Webpages using a Software Agent*, 32 p., #4, May 20, 2003.
- Michael H. Breitner and Oliver Kubertin, *WARRANT-PRO-2: A GUI-Software for Easy Evaluation, Design and Visualization of European Double-Barrier Options*, 35 p., #5, September 12, 2003.
- Dorothee Bott, Gabriela Hoppe und Michael H. Breitner, *Nutzenanalyse im Rahmen der Evaluation von E-Learning Szenarien*, 14 S., #6, 21. Oktober, 2003.
- Gabriela Hoppe and Michael H. Breitner, *Sustainable Business Models for E-Learning*, 20 p., #7, January 5, 2004.
- Heiko Genath, Tobias Brüggemann und Michael H. Breitner, *Preisvergleichsdienste im internationalen Vergleich*, 40 S., #8, 21. Juni, 2004.
- Dennis Bode und Michael H. Breitner, *Neues digitales BOS-Netz für Deutschland: Analyse der Probleme und mögliche Betriebskonzepte*, 21 S., #9, 5. Juli, 2004.
- Caroline Neufert und Michael H. Breitner, *Mit Zertifizierungen in eine sicherere Informationsgesellschaft*, 19 S., #10, 5. Juli, 2004.
- Marcel Heese, Günter Wohlers and Michael H. Breitner, *Privacy Protection against RFID Spying: Challenges and Countermeasures*, 22 p., #11, July 5, 2004.
- Liina Stotz, Gabriela Hoppe und Michael H. Breitner, *Interaktives Mobile(M)-Learning auf kleinen End-geräten wie PDAs und Smartphones*, 31 S., #12, 18. August, 2004.
- Frank Köller und Michael H. Breitner, *Optimierung von Warteschlangensystemen in Call Centern auf Basis von Kennzahlenapproximationen*, 24 S., #13, 10. Januar, 2005.
- Phillip Maske, Patrick Bartels and Michael H. Breitner, *Interactive M(obile)-Learning with UbiLearn 0.2*, 21 p., #14, April 20, 2005.
- Robert Pomes and Michael H. Breitner, *Strategic Management of Information Security in State-run Organizations*, 18 p., #15, May 5, 2005.
- Simon König, Frank Köller and Michael H. Breitner, *FAUN 1.1 User Manual*, 134 p., #16, August 4, 2005.
- Christian von Spreckelsen, Patrick Bartels und Michael H. Breitner, *Geschäftsprozessorientierte Analyse und Bewertung der Potentiale des Nomadic Computing*, 38 S., #17, 14. Dezember, 2006.
- Stefan Hoyer, Robert Pomes, Günter Wohlers und Michael H. Breitner, *Kritische Erfolgsfaktoren für ein Computer Emergency Response Team (CERT) am Beispiel CERT-Niedersachsen*, 56 S., #18, 14. Dezember, 2006.
- Christian Zietz, Karsten Sohns und Michael H. Breitner, *Konvergenz von Lern-, Wissens- und Personalmanagementssystemen: Anforderungen an Instrumente für integrierte Systeme*, 15 S., #19, 14. Dezember, 2006.
- Christian Zietz und Michael H. Breitner, *Expertenbefragung „Portalbasiertes Wissensmanagement“: Ausgewählte Ergebnisse*, 30 S., #20, 5. Februar, 2008.

IWI Discussion Paper Series/Diskussionsbeiträge

ISSN 1612-3646

Harald Schömburg und Michael H. Breitner, *Elektronische Rechnungsstellung: Prozesse, Einsparpotentiale und kritische Erfolgsfaktoren*, 36 S., #21, 5. Februar, 2008.

Halyna Zakhariya, Frank Köller und Michael H. Breitner, *Personaleinsatzplanung im Echtzeitbetrieb in Call Centern mit Künstlichen Neuronalen Netzen*, 35 S., #22, 5. Februar, 2008.

Jörg Uffen, Robert Pomes, Claudia M. König und Michael H. Breitner, *Entwicklung von Security Awareness Konzepten unter Berücksichtigung ausgewählter Menschenbilder*, 14 S., #23, 5. Mai, 2008.

Johanna Mählmann, Michael H. Breitner und Klaus-Werner Hartmann, *Konzept eines Centers der Informationslogistik im Kontext der Industrialisierung von Finanzdienstleistungen*, 19 S., #24, 5. Mai, 2008.

Jon Sprenger, Christian Zietz und Michael H. Breitner, *Kritische Erfolgsfaktoren für die Einführung und Nutzung von Portalen zum Wissensmanagement*, 44 S., #25, 20. August, 2008.

Finn Breuer und Michael H. Breitner, *„Aufzeichnung und Podcasting akademischer Veranstaltungen in der Region D-A-CH“: Ausgewählte Ergebnisse und Benchmark einer Expertenbefragung*, 30 S., #26, 21. August, 2008.

Harald Schömburg, Gerrit Hoppen und Michael H. Breitner, *Expertenbefragung zur Rechnungseingangsbearbeitung: Status quo und Akzeptanz der elektronischen Rechnung*, 40 S., #27, 15. Oktober, 2008.

Hans-Jörg von Mettenheim, Matthias Paul und Michael H. Breitner, *Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen: Modellierung, Numerische Simulation und Optimierung*, 30 S., #28, 16. Oktober, 2008.

Markus Neumann, Bernd Hohler und Michael H. Breitner, *Bestimmung der IT-Effektivität und IT-Effizienz service-orientierten IT-Managements*, 20 S., #29, 30. November, 2008.

Matthias Kehlenbeck und Michael H. Breitner, *Strukturierte Literaturrecherche und -klassifizierung zu den Forschungsgebieten Business Intelligence und Data Warehousing*, 10 S., #30, 19. Dezember, 2009.

Michael H. Breitner, Matthias Kehlenbeck, Marc Klages, Harald Schömburg, Jon Sprenger, Jos Töller und Halyna Zakhariya, *Aspekte der Wirtschaftsinformatikforschung 2008*, 128 S., #31, 12. Februar, 2009.

Sebastian Schmidt, Hans-Jörg v. Mettenheim und Michael H. Breitner, *Entwicklung des Hannoveraner Referenzmodells für Sicherheit und Evaluation an Fallbeispielen*, 30 S., #32, 18. Februar, 2009.

Sissi Eklun-Natey, Karsten Sohns und Michael H. Breitner, *Buildung-up Human Capital in Senegal - E-Learning for School drop-outs, Possibilities of Lifelong Learning Vision*, 39 S., #33, July 1, 2009.

Horst-Oliver Hofmann, Hans-Jörg von Mettenheim und Michael H. Breitner, *Prognose und Handel von Derivaten auf Strom mit Künstlichen Neuronalen Netzen*, 34 S., #34, 11. September, 2009.

Christoph Polus, Hans-Jörg von Mettenheim und Michael H. Breitner, *Prognose und Handel von Öl-Future-Spreads durch Multi-Layer-Perceptrons und High-Order-Neuronalnetze mit Faun 1.1*, 55 S., #35, 18. September, 2009.

Jörg Uffen und Michael H. Breitner, *Stärkung des IT-Sicherheitsbewusstseins unter Berücksichtigung psychologischer und pädagogischer Merkmale*, 37 S., #36, 24. Oktober, 2009.

Christian Fischer und Michael H. Breitner, *MaschinenMenschen – reine Science Fiction oder bald Realität?*, 36 S., #37, 13. Dezember, 2009.

