

# 52. IWK

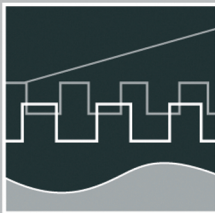
Internationales Wissenschaftliches Kolloquium  
International Scientific Colloquium



**PROCEEDINGS**

10 - 13 September 2007

## **FACULTY OF COMPUTER SCIENCE AND AUTOMATION**



## **COMPUTER SCIENCE MEETS AUTOMATION**

### **VOLUME I**

**Session 1 - Systems Engineering and Intelligent Systems**

**Session 2 - Advances in Control Theory and Control Engineering**

**Session 3 - Optimisation and Management of Complex  
Systems and Networked Systems**

**Session 4 - Intelligent Vehicles and Mobile Systems**

**Session 5 - Robotics and Motion Systems**



**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

**ISBN 978-3-939473-17-6**

## Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten  
Kongressorganisation  
Andrea Schneider  
Tel.: +49 3677 69-2520  
Fax: +49 3677 69-1743  
e-mail: [kongressorganisation@tu-ilmenau.de](mailto:kongressorganisation@tu-ilmenau.de)
- Redaktionsschluss: Juli 2007
- Verlag:   
Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek  
Universitätsverlag Ilmenau  
Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau  
[www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag](http://www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag)
- Herstellung und Auslieferung: Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG  
Am Hawerkamp 31  
48155 Münster  
[www.mv-verlag.de](http://www.mv-verlag.de)
- Layout Cover: [www.cey-x.de](http://www.cey-x.de)
- Bezugsmöglichkeiten: Universitätsbibliothek der TU Ilmenau  
Tel.: +49 3677 69-4615  
Fax: +49 3677 69-4602

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2007

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung der Redaktion strafbar.

## Preface

Dear Participants,

Confronted with the ever-increasing complexity of technical processes and the growing demands on their efficiency, security and flexibility, the scientific world needs to establish new methods of engineering design and new methods of systems operation. The factors likely to affect the design of the smart systems of the future will doubtless include the following:

- As computational costs decrease, it will be possible to apply more complex algorithms, even in real time. These algorithms will take into account system nonlinearities or provide online optimisation of the system's performance.
- New fields of application will be addressed. Interest is now being expressed, beyond that in "classical" technical systems and processes, in environmental systems or medical and bioengineering applications.
- The boundaries between software and hardware design are being eroded. New design methods will include co-design of software and hardware and even of sensor and actuator components.
- Automation will not only replace human operators but will assist, support and supervise humans so that their work is safe and even more effective.
- Networked systems or swarms will be crucial, requiring improvement of the communication within them and study of how their behaviour can be made globally consistent.
- The issues of security and safety, not only during the operation of systems but also in the course of their design, will continue to increase in importance.

The title "Computer Science meets Automation", borne by the 52<sup>nd</sup> International Scientific Colloquium (IWK) at the Technische Universität Ilmenau, Germany, expresses the desire of scientists and engineers to rise to these challenges, cooperating closely on innovative methods in the two disciplines of computer science and automation.

The IWK has a long tradition going back as far as 1953. In the years before 1989, a major function of the colloquium was to bring together scientists from both sides of the Iron Curtain. Naturally, bonds were also deepened between the countries from the East. Today, the objective of the colloquium is still to bring researchers together. They come from the eastern and western member states of the European Union, and, indeed, from all over the world. All who wish to share their ideas on the points where "Computer Science meets Automation" are addressed by this colloquium at the Technische Universität Ilmenau.

All the University's Faculties have joined forces to ensure that nothing is left out. Control engineering, information science, cybernetics, communication technology and systems engineering – for all of these and their applications (ranging from biological systems to heavy engineering), the issues are being covered.

Together with all the organizers I should like to thank you for your contributions to the conference, ensuring, as they do, a most interesting colloquium programme of an interdisciplinary nature.

I am looking forward to an inspiring colloquium. It promises to be a fine platform for you to present your research, to address new concepts and to meet colleagues in Ilmenau.



Professor Peter Scharff  
Rector, TU Ilmenau



Professor Christoph Ament  
Head of Organisation



## Table of Contents



# CONTENTS

	Page
<b>1 Systems Engineering and Intelligent Systems</b>	
A. Yu. Nedelina, W. Fengler DIPLAN: Distributed Planner for Decision Support Systems	3
O. Sokolov, M. Wagenknecht, U. Gocht Multiagent Intelligent Diagnostics of Arising Faults	9
V. Nissen Management Applications of Fuzzy Control	15
O. G. Rudenko, A. A. Bessonov, P. Otto A Method for Information Coding in CMAC Networks	21
Ye. Bodyanskiy, P. Otto, I. Pliss, N. Teslenko Nonlinear process identification and modeling using general regression neuro-fuzzy network	27
Ye. Bodyanskiy, Ye. Gorshkov, V. Kolodyazhniy, P. Otto Evolving Network Based on Double Neo-Fuzzy Neurons	35
Ch. Wachten, Ch. Ament, C. Müller, H. Reinecke Modeling of a Laser Tracker System with Galvanometer Scanner	41
K. Lüttkopf, M. Abel, B. Eylert Statistics of the truck activity on German Motorways	47
K. Meissner, H. Hensel A 3D process information display to visualize complex process conditions in the process industry	53
F.-F. Steege, C. Martin, H.-M. Groß Recent Advances in the Estimation of Pointing Poses on Monocular Images for Human-Robot Interaction	59
A. González, H. Fernlund, J. Ekblad After Action Review by Comparison – an Approach to Automatically Evaluating Trainee Performance in Training Exercise	65
R. Suzuki, N. Fujiki, Y. Taru, N. Kobayashi, E. P. Hofer Internal Model Control for Assistive Devices in Rehabilitation Technology	71
D. Sommer, M. Golz Feature Reduction for Microsleep Detection	77

F. Müller, A. Wenzel, J. Wernstedt A new strategy for on-line Monitoring and Competence Assignment to Driver and Vehicle	83
V. Borikov Linear Parameter-Oriented Model of Microplasma Process in Electrolyte Solutions	89
A. Avshalumov, G. Filaretov Detection and Analysis of Impulse Point Sequences on Correlated Disturbance Phone	95
H. Salzwedel Complex Systems Design Automation in the Presence of Bounded and Statistical Uncertainties	101
G. J. Nalepa, I. Wojnicki Filling the Semantic Gaps in Systems Engineering	107
R. Knauf Compiling Experience into Knowledge	113
R. Knauf, S. Tsuruta, Y. Sakurai Toward Knowledge Engineering with Didactic Knowledge	119
<b>2 Advances in Control Theory and Control Engineering</b>	
U. Konigorski, A. López Output Coupling by Dynamic Output Feedback	129
H. Toossian Shandiz, A. Hajipoor Chaos in the Fractional Order Chua System and its Control	135
O. Katernoga, V. Popov, A. Potapovich, G. Davydau Methods for Stability Analysis of Nonlinear Control Systems with Time Delay for Application in Automatic Devices	141
J. Zimmermann, O. Sawodny Modelling and Control of a X-Y-Fine-Positioning Table	145
A. Winkler, J. Suchý Position Based Force Control of an Industrial Manipulator	151
E. Arnold, J. Neupert, O. Sawodny, K. Schneider Trajectory Tracking for Boom Cranes Based on Nonlinear Control and Optimal Trajectory Generation	157



K. Shaposhnikov, V. Astakhov The method of ortogonal projections in problems of the stationary magnetic field computation	165
J. Naumenko The computing of sinusoidal magnetic fields in presence of the surface with bounded conductivity	167
K. Bayramkulov, V. Astakhov The method of the boundary equations in problems of computing static and stationary fields on the topological graph	169
T. Kochubey, V. Astakhov The computation of magnetic field in the presence of ideal conductors using the Integral-differential equation of the first kind	171
M. Schneider, U. Lehmann, J. Krone, P. Langbein, Ch. Ament, P. Otto, U. Stark, J. Schrickel Artificial neural network for product-accompanied analysis and control	173
I. Jawish The Improvement of Traveling Responses of a Subway Train using Fuzzy Logic Techniques	179
Y. Gu, H. Su, J. Chu An Approach for Transforming Nonlinear System Modeled by the Feedforward Neural Networks to Discrete Uncertain Linear System	185
<b>3      Optimisation and Management of Complex Systems and Networked Systems</b>	
R. Franke, J. Doppelhammer Advanced model based control in the Industrial IT System 800xA	193
H. Gerbracht, P. Li, W. Hong An efficient optimization approach to optimal control of large-scale processes	199
T. N. Pham, B. Wutke Modifying the Bellman's dynamic programming to the solution of the discrete multi-criteria optimization problem under fuzziness in long-term planning	205
S. Ritter, P. Bretschneider Optimale Planung und Betriebsführung der Energieversorgung im liberalisierten Energiemarkt	211
P. Bretschneider, D. Westermann Intelligente Energiesysteme: Chancen und Potentiale von IuK-Technologien	217

Z. Lu, Y. Zhong, Yu. Wu, J. Wu WSReMS: A Novel WSDM-based System Resource Management Scheme	223
M. Heit, E. Jennenchen, V. Kruglyak, D. Westermann Simulation des Strommarktes unter Verwendung von Petrinetzen	229
O. Sauer, M. Ebel Engineering of production monitoring & control systems	237
C. Behn, K. Zimmermann Biologically inspired Locomotion Systems and Adaptive Control	245
J. W. Vervoorst, T. Kopfstedt Mission Planning for UAV Swarms	251
M. Kaufmann, G. Bretthauer Development and composition of control logic networks for distributed mechatronic systems in a heterogeneous architecture	257
T. Kopfstedt, J. W. Vervoorst Formation Control for Groups of Mobile Robots Using a Hierarchical Controller Structure	263
M. Abel, Th. Lohfelder Simulation of the Communication Behaviour of the German Toll System	269
P. Hilgers, Ch. Ament Control in Digital Sensor-Actuator-Networks	275
C. Saul, A. Mitschele-Thiel, A. Diab, M. Abd rabou Kalil A Survey of MAC Protocols in Wireless Sensor Networks	281
T. Rossbach, M. Götze, A. Schreiber, M. Eifart, W. Kattanek Wireless Sensor Networks at their Limits – Design Considerations and Prototype Experiments	287
Y. Zhong, J. Ma Ring Domain-Based Key Management in Wireless Sensor Network	293
V. Nissen Automatic Forecast Model Selection in SAP Business Information Warehouse under Noise Conditions	299
M. Kühn, F. Richter, H. Salzwedel Process simulation for significant efficiency gains in clinical departments – practical example of a cancer clinic	305

D. Westermann, M. Kratz, St. Kümmerling, P. Meyer Architektur eines Simulators für Energie-, Informations- und Kommunikationstechnologien	311
P. Moreno, D. Westermann, P. Müller, F. Büchner Einsatzoptimierung von dezentralen netzgekoppelten Stromerzeugungsanlagen (DEA) in Verteilnetzen durch Erhöhung des Automatisierungsgrades	317
M. Heit, S. Rozhenko, M. Kryvenka, D. Westermann Mathematische Bewertung von Engpass-Situationen in Transportnetzen elektrischer Energie mittels lastflussbasierter Auktion	331
M. Lemmel, M. Schnatmeyer RFID-Technology in Warehouse Logistics	339
V. Krugljak, M. Heit, D. Westermann Approaches for modelling power market: A Comparison.	345
St. Kümmerling, N. Döring, A. Friedemann, M. Kratz, D. Westermann Demand-Side-Management in Privathaushalten – Der eBox-Ansatz	351
<b>4      Intelligent Vehicles and Mobile Systems</b>	
A. P. Aguiar, R. Ghabchelloo, A. Pascoal, C. Silvestre , F. Vanni Coordinated Path following of Multiple Marine Vehicles: Theoretical Issues and Practical Constraints	359
R. Engel, J. Kalwa Robust Relative Positioning of Multiple Underwater Vehicles	365
M. Jacobi, T. Pfützenreuter, T. Glotzbach, M. Schneider A 3D Simulation and Visualisation Environment for Unmanned Vehicles in Underwater Scenarios	371
M. Schneider, M. Eichhorn, T. Glotzbach, P. Otto A High-Level Simulator for heterogeneous marine vehicle teams under real constraints	377
A. Zangrilli, A. Picini Unmanned Marine Vehicles working in cooperation: market trends and technological requirements	383
T. Glotzbach, P. Otto, M. Schneider, M. Marinov A Concept for Team-Orientated Mission Planning and Formal Language Verification for Heterogeneous Unmanned Vehicles	389

M. A. Arredondo, A. Cormack SeeTrack: Situation Awareness Tool for Heterogeneous Vehicles	395
J. C. Ferreira, P. B. Maia, A. Lucia, A. I. Zapaniotis Virtual Prototyping of an Innovative Urban Vehicle	401
A. Wenzel, A. Gehr, T. Glotzbach, F. Müller Superfour-in: An all-terrain wheelchair with monitoring possibilities to enhance the life quality of people with walking disability	407
Th. Krause, P. Protzel Verteiltes, dynamisches Antriebssystem zur Steuerung eines Luftschiffes	413
T. Behrmann, M. Lemmel Vehicle with pure electric hybrid energy storage system	419
Ch. Schröter, M. Höchemer, H.-M. Groß A Particle Filter for the Dynamic Window Approach to Mobile Robot Control	425
M. Schenderlein, K. Debes, A. Koenig, H.-M. Groß Appearance-based Visual Localisation in Outdoor Environments with an Omnidirectional Camera	431
G. Al Zeer, A. Nabout, B. Tibken Hindernsvermeidung für Mobile Roboter mittels Ausweichecken	437
<b>5      Robotics and Motion Systems</b>	
Ch. Schröter, H.-M. Groß Efficient Gridmaps for SLAM with Rao-Blackwellized Particle Filters	445
St. Müller, A. Scheidig, A. Ober, H.-M. Groß Making Mobile Robots Smarter by Probabilistic User Modeling and Tracking	451
A. Swerdlow, T. Machmer, K. Kroschel, A. Laubenheimer, S. Richter Opto-acoustical Scene Analysis for a Humanoid Robot	457
A. Ahranovich, S. Karpovich, K. Zimmermann Multicoordinate Positioning System Design and Simulation	463
A. Balkovoy, V. Cacenkin, G. Slivinskaia Statical and dynamical accuracy of direct drive servo systems	469
Y. Litvinov, S. Karpovich, A. Ahranovich The 6-DOF Spatial Parallel Mechanism Control System Computer Simulation	477

V. Lysenko, W. Mintchenya, K. Zimmermann 483  
Minimization of the number of actuators in legged robots using biological objects

J. Kroneis, T. Gastauer, S. Liu, B. Sauer 489  
Flexible modeling and vibration analysis of a parallel robot with numerical and analytical methods for the purpose of active vibration damping

A. Amthor, T. Hausotte, G. Jäger, P. Li 495  
Friction Modeling on Nanometerscale and Experimental Verification

**Paper submitted after copy deadline**

**2 Advances in Control Theory and Control Engineering**

V. Piwek, B. Kuhfuss, S. Allers 503  
Feed drivers – Synchronized Motion is leading to a process optimization



M. Heit / S. Rozhenko/ M. Kryvenka/ D. Westermann

## **Mathematische Bewertung von Engpass-Situationen in Transportnetzen elektrischer Energie mittels lastfluss-basierter Auktion**

### **3.6 Energy System Modelling and Simulation**

**Vor ca. einen Jahrzehnt begann die Liberalisierung des Europäischen Energiemarktes. Durch die Osterweiterung der Europäischen Union vergrößert sich der transkontinentale Energiemarkt. Verbunden mit der politischen Forderung nach Klimaschutz und Energieeinsparung steigt die Anzahl dezentraler regenerativer Energiequellen mit meist nicht-deterministischer Erzeugungscharakteristik. Vor allem an Ländergrenzen und Zonen mit unterschiedlichen Preisstrukturen treten verstärkt wirtschaftliche und technischen Engpässen an den infrastrukturellen Transportnetzen auf. Besonders stark ist das im Bereich der elektrischen Energie zu erkennen, da hier der Liberalisierungsprozesse den größten Fortschritt zeigt. Verbunden mit dem sicherheitspolitischen Risiko eines elektrischen Blackouts werden hohe Anforderungen an die physikalische Stabilität der elektrischen Energiesysteme gestellt.**

**Deshalb ist es dringend erforderlich, diese Engpässe technisch zu überwachen und wirtschaftlich zu vermarkten. Das volkswirtschaftliche Potential der Engpässe ist zu nutzen und durch entsprechende Marktsignale ist ein Anreiz zum Ausbau der Transportnetze zu schaffen.**

**Bisher erfolgte das Engpassmanagement durch NTC (Net Transfer Capacity)-basierte explizite oder implizite Auktionsverfahren. Diese weisen einige Nachteile auf, die vor allem in einer mangelnden Markttransparenz zu sehen sind.**

**In diesem Paper wird ein lastflussbasiertes Allokationsmodell (LFBA) vorgestellt. Die Grundlage dafür bilden die BC (Border Capacity) und der PTDF (Power Transfer Distribution Factor). Hierbei werden die real physikalisch auftretenden Stromflüsse für die Engpassallokation zu Grunde gelegt.**

**Beide Verfahren werden hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile mit einer Beispielrechnung gegenüber gestellt. Es zeigt sich außerdem, dass für zukünftige Arbeiten der Energiemärkte verstärkt zu involvieren ist.**

Im Jahre 1998 begann in Europa die Liberalisierung des Europäischen Strommarktes auf der Grundlage der EU-Richtlinie 2003/54/EG. Damit wurde die Grundlage für einen internationalen und transkontinentalen Stromhandel geschaffen, der sich seit dem zunehmend etabliert.

Davon ausgehend bildeten sich zahlreiche Binnenmärkte, die in der Regel an geografische bzw. transporttechnische Grenzen gebunden sind. Meistens liegen in den jeweiligen Binnenmärkten die Strompreise auf einem unterschiedlichen Niveau. Neben abweichenden Angebots- und Nachfragesituationen sind diese Preisdifferenzen eine wesentliche Motivation für den grenzüberschreitenden Stromhandel.

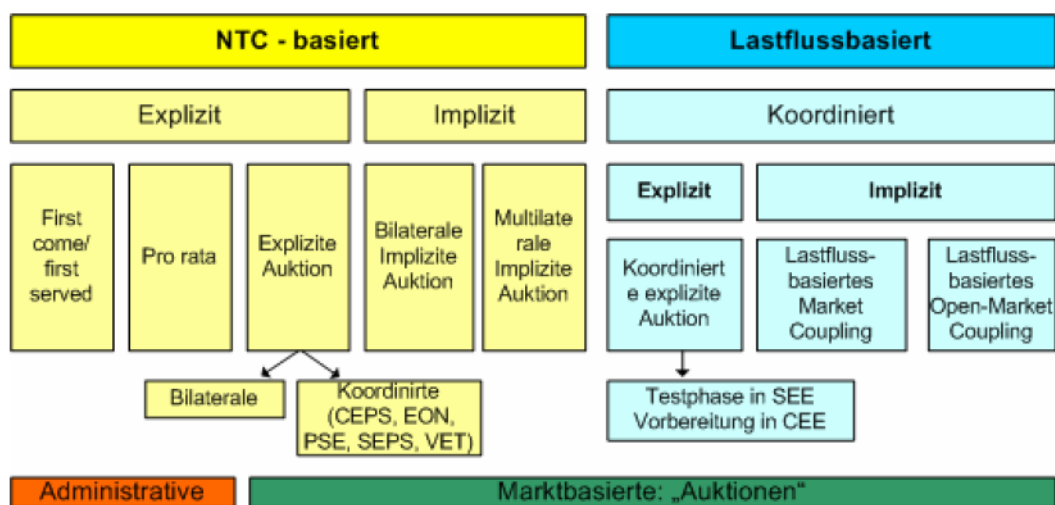
An den Grenzen der Binnenmärkte sind die Transportnetze für die elektrische Energie meistens nur schwach ausgebaut. Die Folge sind technische Engpässe an den Übergangspunkten. Um diese Engpässe wirtschaftlich zu vermarkten und aus technischer Sicht eine höhere Betriebssicherheit zu gewährleisten, wurde das Engpassmanagement [1] eingeführt, bei dem die entsprechenden Übertragungskapazitäten verauktioniert werden.

Bisher werden im Europäischen Strommarkt meistens ein explizites oder implizites Auktionsverfahren bzw. zukünftig auch Verfahren nach dem Prinzip des Market-Couplings eingesetzt [2].

Die Grundlage für die Auktion bildet immer eine vorher bestimmte zur Verfügung stehende Übertragungskapazität (NTC – Net Transfer Capacity) [3]. Dabei ist keine Übereinstimmung von physikalischen und finanziellen Flüssen gewährleistet.

Nachfolgend soll die Anwendung einer lastflussbasierten Allokation (LFBA) als eine Möglichkeit zum Engpassmanagement vorgestellt werden. Abbildung 1 zeigt die Einteilung der Verfahren. An einem Beispiel wird die Simulation der LFBA unter Anwendung geeigneter Methoden, an einem Testsystem dargestellt.

Wichtigste Ausgangsparameter zur Durchführung der LFBA sind die Border Capacity (BC) und der Power Transfer Distribution Factor (PTDF). Die BC gibt dabei die zur Verfügung stehende technisch zulässige Übertragungskapazität wieder und der PTDF repräsentiert den Einfluss einer Energietransaktion zwischen zwei Binnenmärkten. Als Binnenmärkte werden dabei die geografischen Regionen der Übertragungsnetzbetreiber (TSO) betrachtet. Die einzelnen Parameter werden als eine PTDF-Matrix dargestellt und sind den entsprechenden Kuppelleitungen zugeordnet.

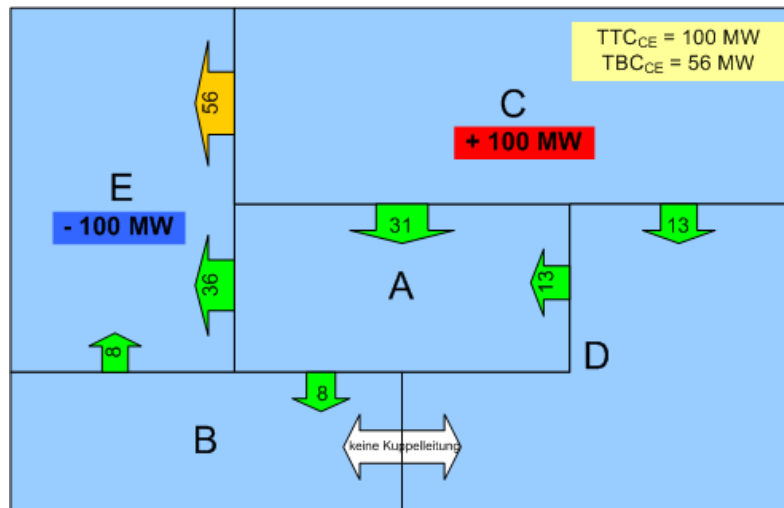


**Abbildung 1** Einteilung der Verfahren zum Engpassmanagement [4]

Die Abbildung 2 verdeutlicht die Problematik der realen Lastverteilung beim Engpassmanagement. Die Skizze zeigt fünf angrenzende Versorgungsgebiete, die einer Verbundsituation in Europa entsprechen könnten.

Als Resultat eines Stromhandelsgeschäftes wird von einem Energietransport aus dem Gebiet C in das Gebiet E mit einer Höhe von 100 MW ausgegangen. Der Energiefluss wird hier als TTC (Total Transfer Capacity) dargestellt. Auf Grund der physikalischen Lastverteilung im elektrischen Netz nach dem Kirchhoffschen Gesetz fließt ein bemerkenswerter Teil der elektrischen Energie über die Nachbarländer.





**Abbildung 2** Finanzielle und physische Lastverteilung in einer Verbundsituation

Der reale Stromfluss, auch TBC (Total Border Capacity) genannt, beträgt nur noch 56 MW und es stellen sich nicht beachtete Leistungsflüsse zwischen 8 MW und 31 MW über die anderen Grenzen ein.

Wesentliche Konsequenzen durch die Anwendung des bisherigen Verfahrens sind:

- Jede Energietransaktion beeinflusst die Lastflüsse an allen Grenzen.
- Der direkte Lastfluss über eine Grenze stellt nicht den gesamten Energieaustausch zwischen zwei Versorgungsgebieten dar.
- Bei der Berechnung einer TC (Transfer Capacity) ist immer die gesamte Verbundsituation zu betrachten.
- Die TC werden für verschiedene Transportrichtungen getrennt berechnet. Die Anwendung eines Nettings (Saldierung von gegenläufigen Lastflüssen) wird nicht berücksichtigt.

Als Konsequenz werden die physikalisch gegebenen TC finanziell nicht vollständig ausgenutzt und es treten volkswirtschaftliche Verluste aus. Außerdem kann es zu Überlastungen im Verbundsystem kommen und die Netzstabilität ist nicht mehr gewährleistet.

Die lastfußbasierte Allokation hingegen betrachtet die reale Lastflussverteilung im Netz. Bei diesem Verfahren werden alle Grenzen gleichzeitig bewirtschaftet.

Das vorstehend genannte Verfahren wird zurzeit als internationales Versuchsprojekt zwischen fünf benachbarten TSO (Transmission System Operator) durchgeführt. Das Auktionsmodell wird als explizite koordinierte NTC-basierte Auktion umgesetzt.

Die NTC ergibt sich aus der TTC abzüglich einer Sicherheits- und Zuverlässigkeitsmarge, auch TRM (Transmission Reliability Margin) genannt. Die Grundlage ihrer Bestimmung ist die Einhaltung der (n-1)-Sicherheit und ist im Transmission Code [6] eines jeden Landes geregelt.

Die TTC eines jeden TSO wird mit Hilfe der Lastberechnung auf der Grundlage eines Netzmodells ermittelt. Die daraus ermittelten NTC der einzelnen Verbundleitungen werden immer zwischen zwei benachbarten TSO zu einer Grenzkapazität, auch BC (Border Capacity) genannt, zusammengefasst. Durch die BC sind auch die jeweiligen Netzengpässe definiert.

Der zweite Eingangsparameter ist der PTFD. Er gibt das Verhältnis zwischen dem jeweiligen physischen Lastfluss und dem gesamten kommerziellen Energiefluss zwischen zwei TSO wieder.

Die Ermittlung des PTDF erfolgt ebenfalls mit einem Netzmodell, wie vereinfacht in der Abbildung 3 dargestellt ist.

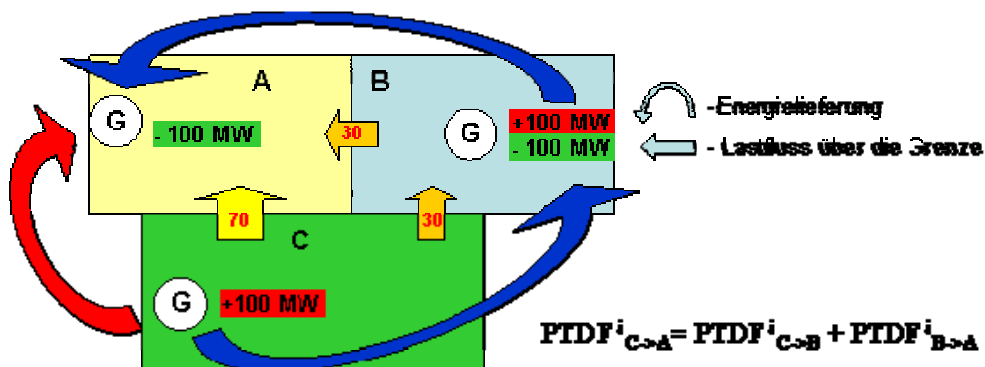


Abbildung 3 Vereinfachte Darstellung der Methode zur PTDF-Bestimmung

Dabei wird im Wesentlichen bei der Simulation die Kraftwerkseinspeisung in der Zone A um 100 MW reduziert und analog in der Zone B um den gleichen Betrag erhöht. Der PTDF-Faktor ergibt sich aus der Änderung des Energieflusses an der betrachteten Grenze in Bezug auf die Energietransaktion von A nach B.

Die ermittelten PTDF können zur besseren Übersicht in einer PTDF-Matrix analog Tabelle 1 dargestellt werden.

Tabelle 1 Beispiel einer PTDF-Matrix

Transaktion			Elektrische Grenze						
Nr.	von	nach	A_C	A_D	A_E	B_A	C_D	C_E	B_E
1	A	B	...	...	...	...	...	...	...
...		...	...	...	...	...	...	...	...
12	C	E	-0,31	-0,13	0,36	-0,08	0,13	0,56	0,08
...		...	...	...	...	...	...	...	...
19	E	C	0,31	0,13	-0,36	0,08	-0,13	-0,56	-0,08
20	E	D	...	...	...	...	...	...	...

Die Gebote werden durch die einzelnen Auktionsteilnehmer vorgegeben und es wird vorausgesetzt, dass die Gebote die entsprechenden Marktverhältnisse wieder geben und nur die Regeln für die Engpassbewirtschaftung geändert werden. Die eigentliche Simulation der Engpassvergabe wird mit einem Softwaretool durchgeführt, das im Rahmen der Kooperation mehrerer Energieversorger entstanden ist.

Abbildung 4 zeigt die vergebenen Kapazitäten und die zugehörigen Clearingpreise einer NTC-basierten Auktion, wie sie zurzeit im Versorgungsgebiet durchgeführt wird.

Diese Daten sind online verfügbar unter: [www.e-trance.biz](http://www.e-trance.biz).

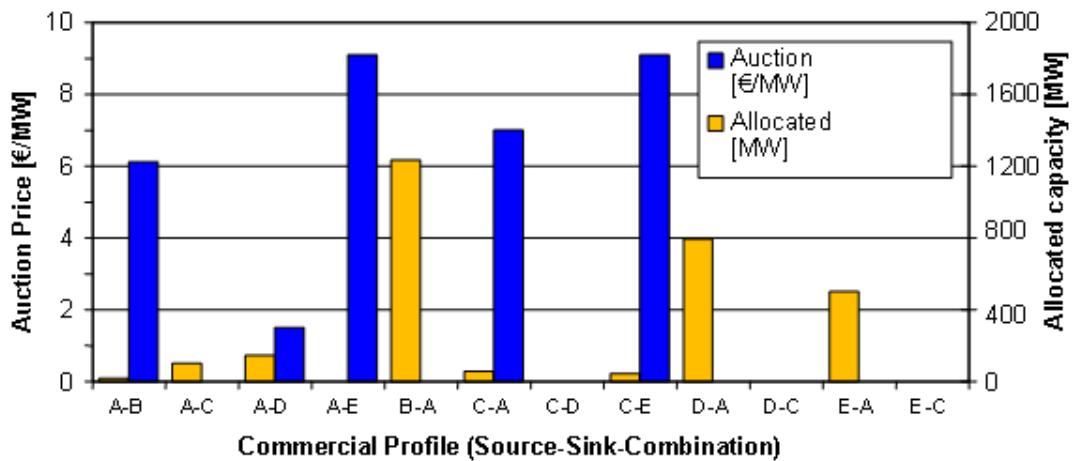


Abbildung 4 Vergebene Kapazitäten und Clearingpreise der NTC-basierten Auktion

Bei der Verwendung des konventionellen Verfahrens ist zu erkennen, dass an vier finanziellen Profilen keine Kapazitätsvergabe erfolgt. Es treten dem zu Folge Engpässe auf.

Im Vergleich dazu zeigt die Abbildung 5 die Resultate der Auktion bei der LFBA. Hierbei wird auch der Einfluss der Nettings betrachtet und es treten nur an drei Übergangsstellen Engpässe auf.

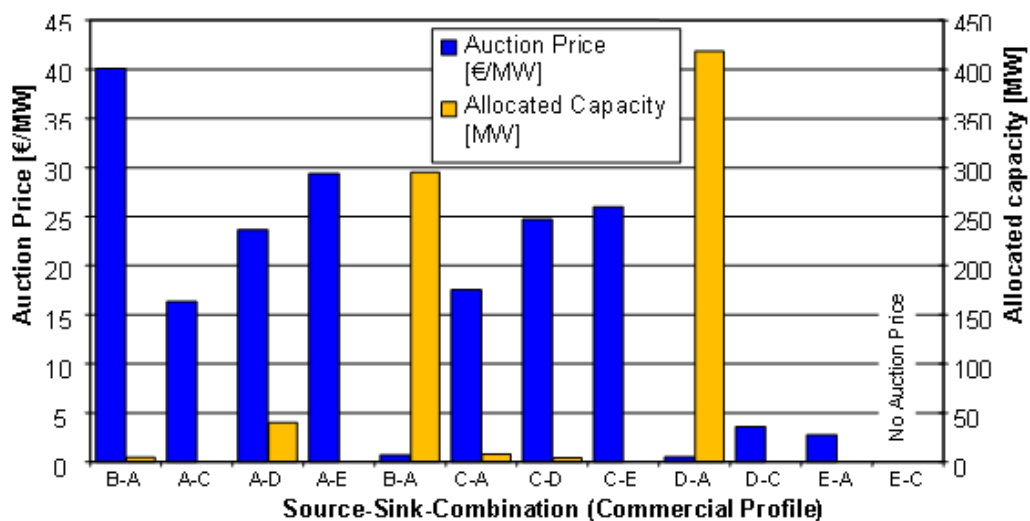
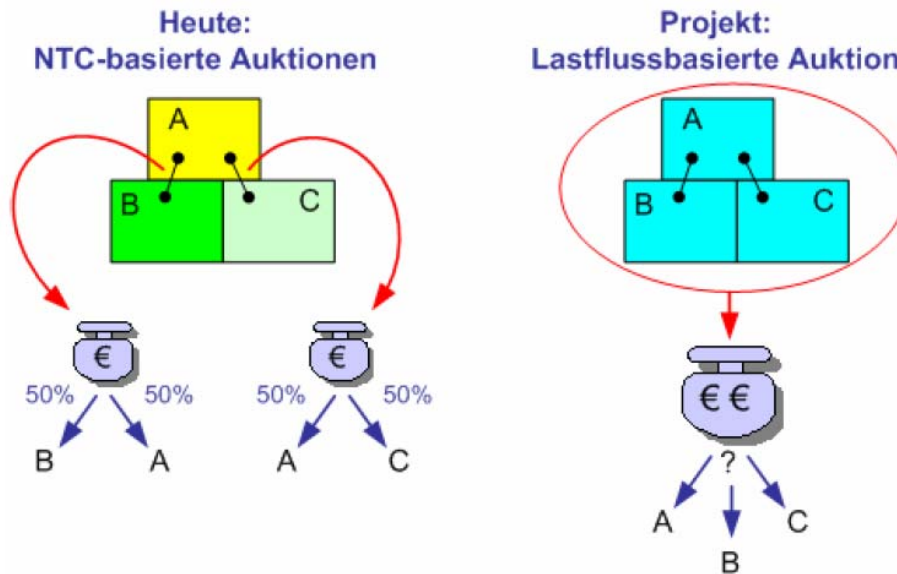


Abbildung 5 Vergebene Kapazität und Clearingpreise bei der LFBA

Nächstes Augenmerk ist die Verteilung der Auktionserlöse hinsichtlich der richtigen Marktsignale.

Bei den NTC-basierten Verfahren werden die Erlöse aus der Engpassauktion auf die benachbarten TSO nach der einfachen Regel 50:50 aufgeteilt. Bei der Anwendung der LFBA stehen die Erlöse als Ergebnis eines Clearingvorganges der gesamten Region zur Verfügung. Die Grundlage zur Erlösverteilung bilden dabei die Clearingpreise. Abbildung 6 zeigt eine einfache Gegenüberstellung beider Verfahren.

Die Verteilung der Einnahmen soll mit einem Verteilungsschlüssel erfolgen. Dieser muss gesetzeskonform sein und soll sinnvolle Marktsignale und Anreize zur Behebung von Engpässen für die TSOs hervorbringen. Er sollte akzeptabel für alle Marktteilnehmer und die Regulatoren sein.



**Abbildung 6** Gegenüberstellung von NTC- und lastflussbasierter Auktion [5]

Zum Abschluss ist in der Tabelle 2 ein qualitativer Vergleich beider Verfahren dargestellt.

**Tabelle 2** Vergleich der Auktionsverfahren

Nr.	Kriterium	Auktionstyp	
		NTC-basiert	LFBA (Projekt)
1	Senkung des Risikos für TSOs	nein	ja
2	Aufwand bei Aufbereitung der Eingangsdaten	niedrig	sehr hoch
3	Richtige Marktsignale	nein	abhängig von Erlösverteilung
4	Vergütung der angebotenen Kapazität	nein	abhängig von Erlösverteilung
5	Bessere Nutzung der Kapazitäten	ja	nein
6	Stabilität der Ergebnisse	ja	nein

Es ist hervorzuheben, dass eine Senkung des Risikos für die TSO hinsichtlich einer Verletzung des (n-1)-Kriteriums eintritt. Je nach Verteilung der Erlöse können sich auch die marktbezogene Transparenz des Verfahrens und die Vergütung der angebotenen Kapazität erhöhen. Als Nachteil für die NTC-basierte Methode für die Aufbereitung der Daten.

Die vorliegenden Ergebnisse betrachten in erster Linie nur die Transportnetz bezogene Verauktionierung der gegebenen Übertragungskapazitäten und die Aufteilung der finanziellen Gewinne auf die einzelnen Beteiligten. Die Wechselwirkungen zum Energiemarkt und das Verhalten der Stromhändler und Engpasseigentümer bzw. –bewirtschafter ist noch nicht Gegenstand der Untersuchungen. Derartige Aufgaben werden erst bei weiteren Forschungsarbeiten mit verstärktem Einbezug von energiemarktwirtschaftlichen Fragen zunehmend an Beachtung gewinnen. Hierbei ist auf mathematische Algorithmen wie die Spieltheorie [7] oder Petrinetze [8] zurück zu greifen.

#### **References:**

- [1] CONSENTEC – Consulting GmbH: Analysis of Cross-Border Congestion Management Methods for the EU Internal Electricity Market, 2001
- [2] Hahn, R.: Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen zum Engpassmanagement, Diplomarbeit an der TU Ilmenau, 2006
- [3] TransmissionCode 2003: Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, Verband der Netzbetreiber VDN e.V. beim VDEW, 2003
- [4] ETSO: Regional Flow-based allocations. State-of-play. Final paper, März, 2007
- [5] ETSO: Coordinated flow-based auctions in South-east Europe: Analysis of options for the distribution of congestion revenues among the participating TSOs, 2006
- [6] Verband der Netzbetreiber VDN e.V. beim VDEW: *Transmission Code 2003: Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber*, 2003
- [7] Ventosa, M.; Baillo A.; Ramos A.; Rivier M.: Electricity market modeling trends, Energy Policy, vol. 33(7), 2005
- [8] Schneeweiss, W. G.: Petri-Netz-Bilder-Buch (Eine elementare Einführung in die beste bildliche Darstellung zeitlicher Veränderungen), LiLoLe-Verlag, Hagen, 2002, ISBN 3-934447-05-8

#### **Authors:**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Westermann  
Dr. Dipl.-Ing. Michael Heit  
Dipl.-Ök. Mariya Kryvenka  
Sergey Rozhenko, M.Sc.  
Technische Universität Ilmenau, Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau  
Phone: + 49 3677 69-2838  
Fax: + 49 3677 69-1496  
E-mail: dirk.westermann@tu-ilmenau.de

