

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
- Redaktionsschluss: Juli 2007
- Verlag: 
Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek
Universitätsverlag Ilmenau
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau
www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag
- Herstellung und Auslieferung: Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG
Am Hawerkamp 31
48155 Münster
www.mv-verlag.de
- Layout Cover: 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 52nd 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
1 Systems Engineering and Intelligent Systems	
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
2 Advances in Control Theory and Control Engineering	
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
3 Optimisation and Management of Complex Systems and Networked Systems	
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
4 Intelligent Vehicles and Mobile Systems	
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
5 Robotics and Motion Systems	
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. Cacengin, 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 / E. Jenennchen/ V. Kruglyak/ D. Westermann

Simulation des Strommarktes unter Verwendung von Petrinetzen

3.6 Energy System Modelling and Simulation

Verbunden mit der zunehmenden Forderung nach Klimaschutz und Energieeinsparung, einem steigenden Energiebedarf in Europa, der Liberalisierung der Energiemärkte beginnend seit 1998 und der Osterweiterung der Europäischen Union werden die Energieversorgungssysteme immer komplexer. Die mathematische Beschreibung des Gesamtsystems, die so genannte Simulation, unter Berücksichtigung der transporttechnischen Infrastruktur gewinnt zunehmend an Bedeutung. Im Mittelpunkt steht dabei die Vorhersage der Preisentwicklung in Abhängigkeit von der jeweiligen Angebots- und Nachfragesituation und den vorhandenen Netzkapazitäten mit ihren Engpässen. Maßgeblich wird dabei der Strommarkt betrachtet, da die elektrische Energieversorgung die kritischste aller Infrastrukturen dar stellt. Der im Rahmen dieses Papers beschriebene Simulationsalgorithmus, der zukünftig als Softwaretool umgesetzt wird, soll aber auch für andere leitungsgebundene Energieträger, schwerpunktmäßig Erdgas, angewendet werden können.

Das vorliegende Paper gibt einen Überblick zur Problemstellung und erläutert, wie der Strommarkt mit Hilfe von Petrinetzen beschrieben werden kann. Es zeigt ein vereinfachtes Marktmodell, legt die Vorgehensweise dar und enthält erste mathematische Ansätze.

Der Energiemarkt kann durch ein vereinfachtes Knotenmodell [1] dargestellt, mit mathematischen Algorithmen [Formeln 1-5] abgebildet und unter Verwendung eines Petrinetzes [2] beschreiben werden. Dabei eignen sich Petrinetze besonders gut zur bildlichen Darstellung dynamischer Vorgänge mit komplexen internen Vorgängen [3]. Letzteres ist typisch für die Transportnetze elektrischer Energie.

Zur Vereinfachung des gesamten Verbundnetzmodells werden die ausgewählten Länder Deutschland, Tschechien und Polen repräsentativ betrachtet, da hierfür bereits erste

Untersuchungen durchgeführt wurden. Für diese drei Länder soll ein Marktsimulator erstellt werden, der die Wechselwirkung zwischen den Transportnetzen und den Handelsaktivitäten abbilden soll.

Der prinzipielle Aufbau eines Energiemarktes ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Quellen des Petrinetzes (Position 2) sind die Summe der Einspeisung der Kraftwerke (die Energieerzeugung). Die Senken (Position 3) bilden die elektrische Last ab (Nachfrage an elektrischer Energie). Die Knoten der Energiemärkte (Position 1) sind die Einrichtungen zur Abwicklung des Energiehandels (Börse). Die Quellen beinhalten die Informationen der länderspezifischen Merit-Order-Curve. Diese Informationen werden an die dazugehörigen Strommarktknoten weiter gegeben. Die Senken jedes Landes tragen die Information über die Lastabnahme. Diese Daten werden an die Strommarktknoten in Form der Nachfragekurve weitergegeben. In den Strommarktknoten kann mit Hilfe dieser Daten der aktuelle Strompreis, d.h. der System Marginal Price (SMP) berechnet werden.

Einfaches Strommarktmodell für ein Land

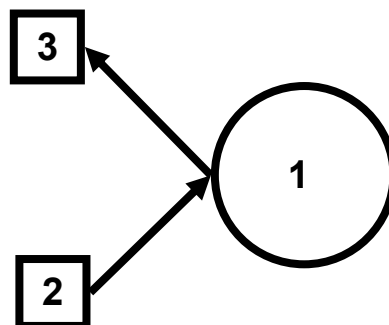


Abbildung 1 Einfaches Strommarktmodell für ein Land

Auf Grund der Liberalisierung des europäischen Strommarktes ist der Energiehandel auch zwischen den einzelnen Ländern möglich. Hierfür muss das Modell erweitert werden (Abbildung 2). Der Energietransport zwischen den Ländern erfolgt über die Kanten des Petrinetzes. Jeder Strommarktknoten ist mit den Strommarktknoten der anderen zwei Länder über Kanten in beiden Richtungen verbunden. Die Kanten besitzen Transitionen (Position 5), welche die leitungsgebundenen Übertragungskapazitäten an den Kuppelstellen abbilden. Um den Strompreisaufschlag an den Engpässen einbeziehen zu können, wird nach den Transitionen in Flussrichtung ein weiterer Knoten eingefügt (Position 4), der die fremdbezogene Leistung mit einem aufsummierten Preis für den Transport am Engpass an den Strommarktknoten weitergibt. Diese Daten werden bei der Berechnung des resultierenden Gesamtpreises eines Landes

einbezogen. In den Strommarktknoten kann bei Betrachtung des internationalen Stromhandels der Strompreis bei reiner Eigenerzeugung mit dem Strompreis bei Fremdbezug verglichen und so Konsequenzen gezogen werden.

Die Betrachtung soll quasidynamisch mit Viertelstunden-Taktung erfolgen, um so auf die Produkte der Strombörse (SMP) und das Bilanzkreismanagement eingehen zu können.

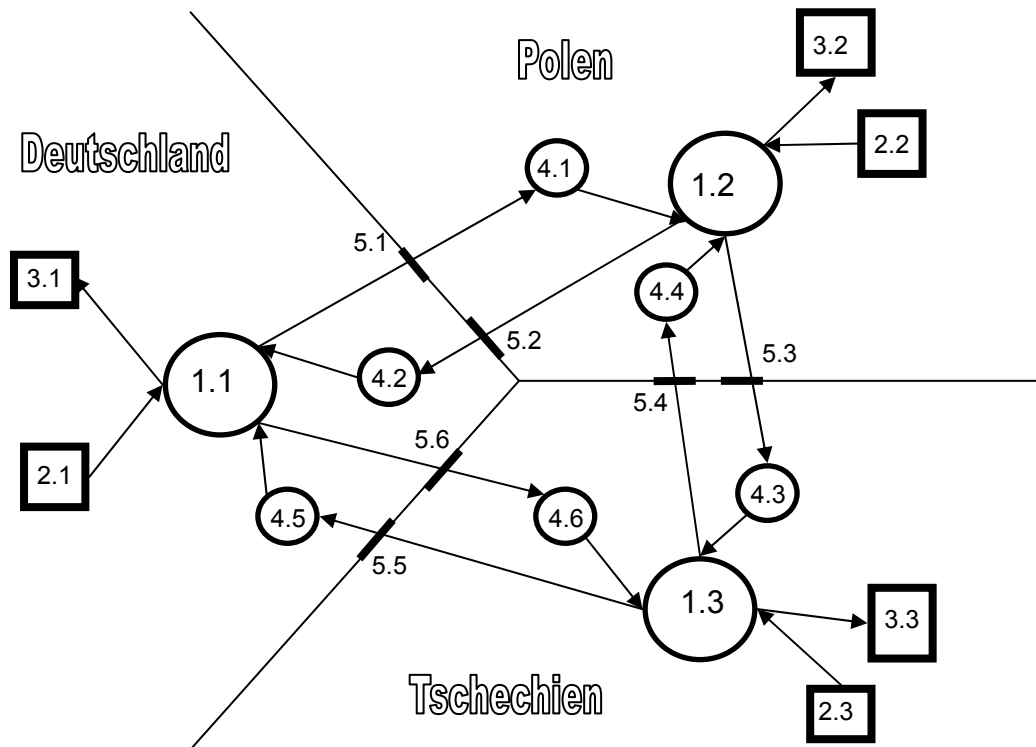


Abbildung 2 Detailliertes Strommarktmodell für 3 Länder

Für die Realisierung des Modells, müssen weitere Vereinfachungen angenommen werden. Die Transportverluste werden im gesamten System vernachlässigt. Somit können die Einspeisepunkte für jedes Land als eine Quelle angenommen werden.

Die Strompreisbildung an den Engpässen wird vereinfacht realisiert, der Preis wird viertelstündlich dynamisch angegeben und nicht wie in der Realität über die zukunfts-basierte Auktion von Lastbändern, da hier Probleme bei der Bepreisung im Falle einer nicht vollständigen Auslastung des Bandes auftreten können. Es tritt keine Durchleitung über ein drittes Land auf. Strom kann nur direkt von der Strombörse über die Merit-Order-Curve des angrenzenden Nachbarlandes bezogen werden. An dieser Stelle besteht die Möglichkeit das Modell zu erweitern: Die Vergütung an den Kuppelstellen könnte länderspezifisch erfolgen, das heißt der Preis für die Engpässe würde sich summieren und an jeder Kuppelstelle wäre die dort gültige Vergütung für die Übertragung zu entrichten. Eine andere Möglichkeit zur Berechnung wäre nur die Vergütung des Engpasses zu dem Land zu berechnen, in dem der Strom erworben

wurde, unabhängig davon, über welche Engpässe die Übertragung erfolgt; welches der aktuellen Berechnungsformel entspricht. Für diesen Fall existiert keine maximal übertragbare Liefermenge zwischen zwei Ländern, sondern die Liefermenge wäre begrenzt durch die Kapazität der Kuppelstellen von allen Ländern. Wenn die Kapazität zwischen Land B und Land C voll ausgenutzt ist, kann Land B von Land C keinen Strom mehr an der Börse beziehen. Jedes einzelne Land kann nur über den Import, nicht aber über den Export entscheiden. Wenn also Land A aus Land B Strom beziehen will, kann Land B das nicht verhindern, auch wenn der Strompreis dadurch in Land B ansteigt. Die Einzige Beschränkung ist die Kapazität an den Länderengpässen. Wenn diese Einschränkung nicht vorhanden wäre, würde sich an allen drei Märkten der gleiche Gleichgewichtspreis einstellen. Es soll verhindert werden, dass ein drittes Land von den Importen profitiert. Dies wird realisiert, in dem nicht die Merit-Order-Curve eines Landes verändert wird, sondern die Nachfrage der einzelnen Länder variiert. Die Nachfrage berechnet sich wie folgt:

$$x_a = x_{aa} + x_{ab} + x_{ac} \quad \text{Formel 1}$$

$$x_{ab} = -x_{ba} \quad \text{Formel 2}$$

Mit: x_a – gesamte Nachfrage im Land A
 x_{aa} – eigene Nachfrage des Landes A
 x_{ab} – Liefermenge von Land A nach Land B

Also berechnet sich die gesamte Nachfrage des Landes A aus dem Eigenbedarf plus der Lieferungen an die restlichen Länder. Wenn Land A nicht Exporteur sondern Importeur ist würde die Lieferung nicht von A nach B erfolgen, sondern von B nach A. Somit würde nach Formel 2 bei der Berechnung der gesamten Nachfrage die Liefermenge nach B vom Eigenbedarf abgezogen. Im Falle des Stromexportes steigt die gesamte Nachfrage eines Landes und so auch unter Umständen der Strompreis an der Börse dieses Landes, auf Grund der höheren Nachfrage; im Falle des Importes sinkt die gesamte Nachfrage in einem Land und somit auch der Strompreis an der dazugehörigen Börse. Der Strompreis an der Börse berechnet sich nach dem Schnittpunkt der Merit-Order-Curve ($f(x)$) und der gesamten Nachfrage (x).Also:

$f_a(x_a)$ - der Börsenpreis des Landes A bei der gesamten Nachfrage im Land A.

Die Merit-Order-Curve (Abbildung 3) ist eine unstetige Stufenfunktion mit mehreren Stufen.

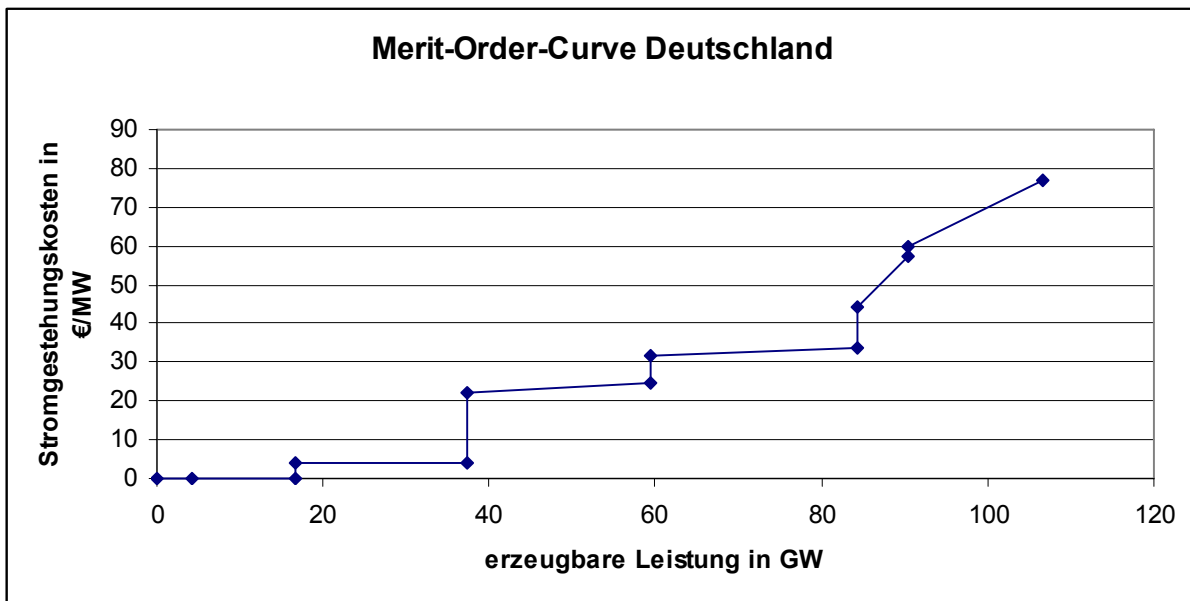


Abbildung 3 Merit-Order-Curve Deutschland

Variablendeklaration :

- D - Deutschland
- P - Polen
- T - Tschechien
- $f_a(x)$ - Merit-Order-Curve in Land A
- x_a - gesamte Nachfrage in Land A
- x_{aa} - eigene Nachfrage von Land A
- x_{ab} - Exportmenge von A nach B
- x_{abmax} - maximal übertragbare Liefermenge am Länderengpass zwischen A und B
- P_{ab} - Preis für Engpass zwischen A und B
- P_{ges_a} - resultierender Strompreis für Land A

Unter oben genannter Variablendeklaration werden die resultierenden Strompreise der Länder Deutschland, Polen, Tschechien wie folgt berechnet:

Deutschland:

$$P_{ges_D}(x_{DP}, x_{DT}) = \frac{f_D(x_D) \circ x_D + \begin{pmatrix} x_{PD} \circ f_P(x_P) + P_{PD} & \{\text{für } x_{PD} > 0\} \\ x_{PD} \circ f_D(x_D) & \{\text{für } x_{PD} < 0\} \\ 0 & \{\text{für } x_{PD} = 0\} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_{TD} \circ f_T(x_T) + P_{TD} & \{\text{für } x_{TD} > 0\} \\ x_{TD} \circ f_D(x_D) & \{\text{für } x_{TD} < 0\} \\ 0 & \{\text{für } x_{TD} = 0\} \end{pmatrix}}{x_{DD}}$$

Formel 3

Polen:

$$P_{ges_P}(x_{PD}, x_{PT}) = \frac{f_P(x_P) \circ x_P + \begin{pmatrix} x_{DP} \circ f_D(x_D) + P_{DP} & \{\text{für } x_{DP} > 0\} \\ x_{DP} \circ f_P(x_P) & \{\text{für } x_{DP} < 0\} \\ 0 & \{\text{für } x_{DP} = 0\} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_{TP} \circ f_T(x_T) + P_{TP} & \{\text{für } x_{TP} > 0\} \\ x_{TP} \circ f_P(x_P) & \{\text{für } x_{TP} < 0\} \\ 0 & \{\text{für } x_{TP} = 0\} \end{pmatrix}}{x_{PP}}$$

Formel 4

Tschechien:

$$P_{ges_T}(x_{TD}, x_{TP}) = \frac{f_T(x_T) \circ x_T + \begin{pmatrix} x_{DT} \circ f_D(x_D) + P_{DT} & \{\text{für } x_{DT} > 0\} \\ x_{DT} \circ f_T(x_T) & \{\text{für } x_{DT} < 0\} \\ 0 & \{\text{für } x_{DT} = 0\} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_{PT} \circ f_P(x_P) + P_{PT} & \{\text{für } x_{PT} > 0\} \\ x_{PT} \circ f_T(x_T) & \{\text{für } x_{PT} < 0\} \\ 0 & \{\text{für } x_{PT} = 0\} \end{pmatrix}}{x_{TT}}$$

Formel 5

Eine Optimierung über die variablen Im-/Exportgrößen x_{ab} , x_{ac} , x_{bc} ermöglicht, durch die Gleichungen 3-5, die Berechnung des jeweils niedrigsten resultierenden Strompreises der einzelnen Länder.

Ziel des Strommarktsimulators ist, die Strompreisentwicklung bei technischen Änderungen abzubilden. Solche technischen Änderungen können z. B. der Ausbau des Übertragungsnetzes an den Engpässen, oder auch der Ausstieg aus der Atomenergie sein. Diese Simulation soll als Grundlage bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Investitionen in den Bereichen der Energieerzeugung und des Energietransportes dienen.

References:

- [1] Zolotarev, A. A.; Kryvenka, M.; Heit, M.; Westermann, D.: Mathematische Modellierung und Optimierung von Energieflüssen im deregulierten Umfeld, Tagungsband zum 51. Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium (IWK), Ilmenau, 2006
- [2] Rosenstengel, B.; Winand, U.: Petri-Netze – eine anwendungsorientierte Einführung, Vieweg-Verlag, Braunschweig, 1991, ISBN 3-528-33582-3
- [3] 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
M. Sc. Valerija Krugljak
cand. ing. Eva Jenennchen
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

