

# 52. IWK

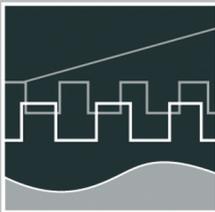
Internationales Wissenschaftliches Kolloquium  
International Scientific Colloquium



**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](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



S. Ritter / P. Bretschneider

## **Optimale Planung und Betriebsführung der Energieversorgung im liberalisierten Energiemarkt**

### **Einleitung**

Mit der Liberalisierung der Energiemärkte traten in den vergangenen Jahren Gesetze in Kraft, die Veränderungen bezüglich der Strukturen in den Bereichen des Energieeinkaufs, der Energiebereitstellung und des Energieverkaufs der Energieversorgungsunternehmen verlangten. Durch EnWG, EEG und KWK-Gesetz sind nicht nur Unbundling und andere regulatorische Maßnahmen an die Tagesordnung getreten, sondern es sind auch neue Bezugs- und Absatzmöglichkeiten geschaffen worden, die durch Art und Struktur die Freiheitsgrade einer optimalen Planung und Betriebsführung stark erhöhen und damit das manuelle Finden des kostenminimalen Optimums unüberschaubar und damit weitestgehend unmöglich machen.

Anhand eines Praxisbeispiels soll in diesem Beitrag gezeigt werden, dass mittels mathematischer Werkzeuge eine Abbildung der sehr komplexen Optimierungsprobleme erfolgen kann und welche Optimierungspotentiale sich im liberalisierten Energiemarkt für den Energieversorgungsprozess ergeben können. Im Weiteren werden die Ergebnisse verschiedener Szenarien verglichen und bewertet.

### **Der Energieversorgungsprozess im liberalisierten Energiemarkt**

Im Bereich der Energiebeschaffung existieren wie auch schon vor der Liberalisierung Bezüge auf Basis vertraglicher Vereinbarungen mit dem Energie-Vorlieferanten. Diese sogenannten Bezugsverträge sind durch verschiedenste Parameter definiert und wurden in ihrer Struktur seit der Liberalisierung novelliert.

Eine zusätzliche Möglichkeit des Energiebezuges und auch der Energielieferung bieten Energiespotmärkte und -börsen. Hier kann Energie zu Marktpreisen gehandelt werden. Um beispielsweise die Energiebörse in die zukünftige Planung einzubeziehen gibt es die Möglichkeit, anhand von Preisforwards die geplanten Energiemengen zu bewerten. Somit können Börsenprodukte im Zuge der Optimierung vorgeschlagen werden, die bei

realisiertem Einkauf bzw. Verkauf das Portfolio im Sinne der Optimalität unterstützen. Des Weiteren kann Energie auch außerbörslich gehandelt werden. Dieser OTC-Handel zwischen Marktteilnehmern gilt für den Energieeinkauf wie auch –verkauf. Da die an den Börsen gehandelten standardisierten Produkte häufig nicht dem Wunsch der handelnden Partner entsprechen, ist der OTC-Handel zu einem wichtigen Instrument für Energiebeschaffung und den Energieabsatz geworden.

Auf Basis des EEG gibt es im Bereich des Energiebezuges eine Energieabnahmeverpflichtung. Dies ist eine Zwangsabnahme elektrischer Energie, die auf Grundlage von Berechnungen der Übertragungsnetzbetreiber in einer festgelegten Menge und zu einem festgelegten Preis abzunehmen ist. Die sogenannte EEG-Quote ist die aufgenommene Strommenge aus durch das EEG geförderten Anlagen bezogen auf die gesamte in Deutschland an Endverbraucher abgegebene Strommenge [1]. Im Jahr 2007 beträgt die EEG-Quote schätzungsweise 13,39 % [2].

Für die sichere und wirtschaftliche Deckung der Netzlast ist die Bereitstellung von Energie durch Eigenerzeugung unerlässlich. Hierzu gibt es verschiedenste Möglichkeiten. In dem zu behandelnden Beispiel geschieht dies mittels Kraft-Wärme-Kopplung, wodurch ein wesentlich höherer Wirkungsgrad bezogen auf die resultierende Nutzenergie erreicht wird als bei reinen Stromerzeugungsprozessen. Die anfallende Wärme wird zur Deckung der Fernwärmelast verwendet. In diesem Zusammenhang gibt es laut dem am 1. April 2002 in Kraft getretenen KWK-Gesetz eine Förderung auf aus KWK-Prozessen eingespeisten Strom. Es erfolgt eine Vergütung pro kWh elektrischer Energie, die von Größe und Modernisierungsgrad der Anlagen abhängig ist. Damit soll eine verstärkte Nutzung der KWK-Anlagen erreicht werden, um eine weitere Minderung der Kohlendioxid-Emissionen zu forcieren.

Um Versorgungsengpässe auszugleichen oder Lastspitzen nicht zu ungünstigen Zeiten in die Bereiche des Vorlieferanten wirken zu lassen, werden Speicher im Gas- und Wärmebereich eingesetzt.

### **Optimierung des Versorgungsprozesses**

Durch die Liberalisierung der Energiemärkte sind die Energieversorgungsunternehmen zunehmend unter Druck, ihre Energie immer effizienter anzubieten. Ein enormes Optimierungspotential bietet die Querverbundoptimierung. Hierbei werden Verknüpfungen der einzelnen Sparten Strom, Gas und Fernwärme dazu benutzt, um eine ganzheitliche Betriebsplanung durchzuführen. In Folge dessen werden alle

Erzeugeranlagen und Bezugsverträge spartenübergreifend dazu verwendet, das wirtschaftlichste Ergebnis zu erhalten. Die Ergänzung des Querverbunds um Spotmarkthandel/Börse und Speichernutzung bietet im Moment das größte ökonomischste Optimierungspotential. Zusätzlich kommen durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Speichernutzung ökologisch sinnvolle Konzepte zum Einsatz.

Die Aufgabe besteht nun darin, alle zur Verfügung stehenden Ressourcen so einzusetzen, dass unter Einhaltung aller technischen, ökonomischen und ökologischen Randbedingungen die Energieversorgung garantiert ist und dabei die geringsten Kosten entstehen.

### Modellierung des Optimierungsproblems

Die enorme Komplexität des zu betrachtenden Gesamtsystems und die hohe Dynamik der beteiligten Prozesse erfordert die rechnergestützte Lösung einer Optimierungsaufgabe mit den Kosten als Zielfunktion. Bei dem im Folgenden vorgestellten Beispiel erfolgte die Modellierung mittels der Gemischt-Ganzzahligen-Linearen-Programmierung (GGLP). Für diese Methode existieren standardisierte Lösungsverfahren und es besteht eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Modellzusammenstellung und damit des zu optimierenden Versorgungsprozesses [3].

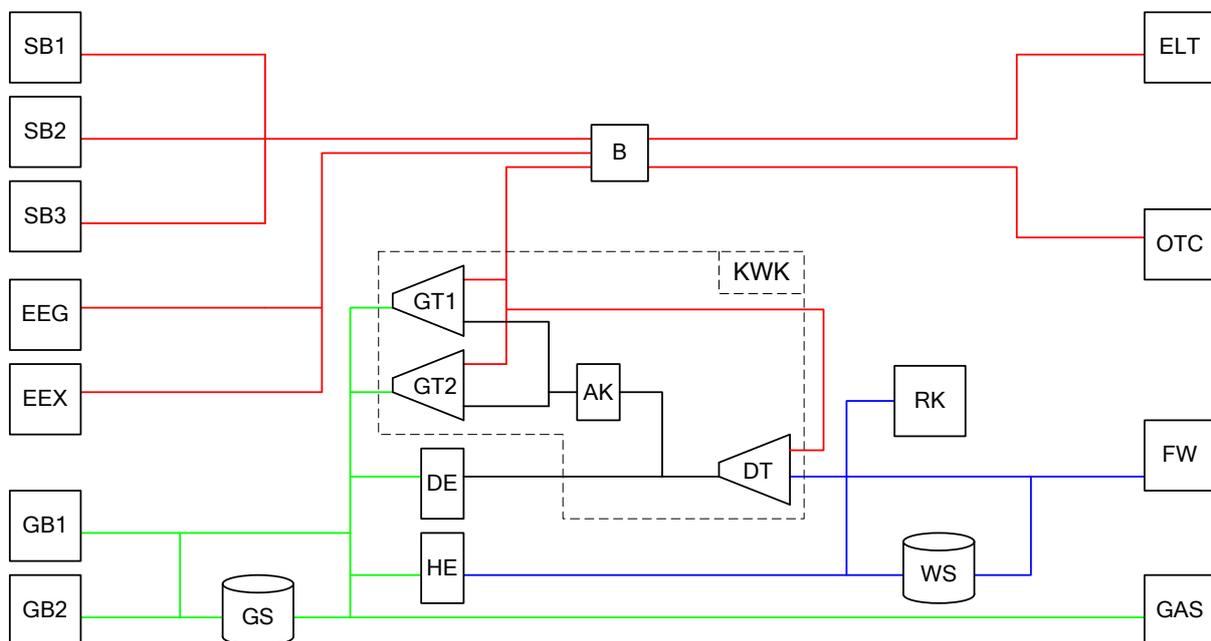


Abbildung 1: Struktur des Querverbund-Optimierungsmodells

Mittels GGLP gelingt eine gute Abbildung und Approximation der Prozesse und jegliche Randbedingungen können berücksichtigt werden [4].

Die Modellierung des Beispiels wurde in Gams umgesetzt und als Solver wurde CPLEX

verwendet. Die einzelnen Teile des Optimierungsmodells, wie z. B. Verträge oder Kraftwerksanlagen, wurden als separate Komponenten modelliert. Die Aus- und Eingänge der Komponenten wurden über Gleichungen verbunden. Somit ist es möglich, gezielt einzelne Teile des Optimierungsproblems bei Bedarf zu deaktivieren oder durch andere zu ersetzen. In Abbildung 1 ist die Struktur des zu betrachtenden Optimierungsmodells dargestellt. Wobei die Abkürzungen der Komponenten folgende Bedeutungen haben:

SB1, SB2, SB3	Strombezugsverträge
GB1, GB2	Gasbezugsverträge, GB1 ist ein offener Liefervertrag
EEG	EEG-Zwangsabnahme
EEX	EEX-Strombörse
GS	Gasspeicher
WS	Wärmespeicher
GT1, GT2	Gasturbinen
AK	Abhitzeessel
DE	Dampferzeuger
HE	Heißwassererzeuger
DT	Dampfturbine
B	Bilanz, hier kann Netznutzungsproblematik abgebildet werden
ELT	Bedarfsprognose Strom
OTC	Außerbörslicher Handel
FW	Bedarfsprognose Fernwärme
GAS	Bedarfsprognose Gas
RK	Rückkühler für Überschusswärme

### **Auswertung verschiedener Kostenszenarien**

Zur Verdeutlichung der Kosteneinsparung, welche durch eine Querverbundoptimierung inkl. EEX-Börse und Speicherverwendung erzielt werden kann, wurden anhand des Beispiels 4 Kostenszenarien untersucht:

1. reiner Querverbund
2. Querverbund mit EEX-Börse
3. Querverbund mit EEX-Börse und Gasspeicher
4. Querverbund mit EEX-Börse, Gas- und Wärmespeicher

Die Ergebnisse der 4 Szenarien wurden für einen Optimierungshorizont von einer Woche ermittelt und sind in Tabelle 1 dargestellt. Anhand der ermittelten Kosten kann gezeigt werden, dass die Erweiterung des Querverbunds um EEX-Börsenbezug und Speichernutzung ein immenses Einsparpotential besitzt. Die größte Kosteneinsparung konnte im untersuchten Beispiel durch die Speichernutzung erreicht werden.

Tabelle 1: Kostenszenarien, KS – Kostenstelle, E – Energie in MWh, K – Kosten in €

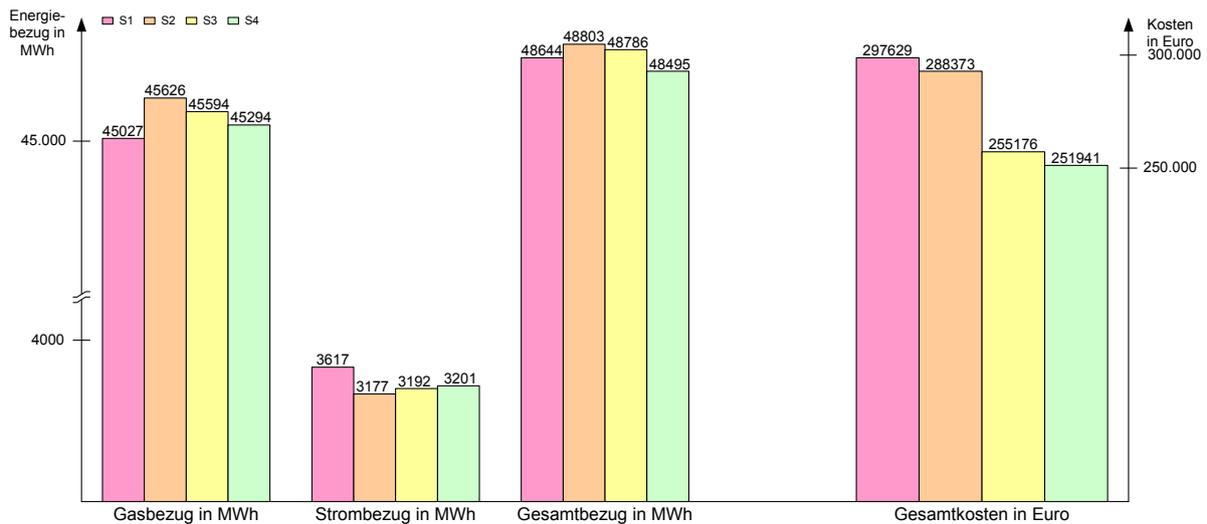
KS	Szenario S1		Szenario S2		Szenario S3		Szenario S4	
	E	K	E	K	E	K	E	K
<b>SB1</b>	1282	39771	1508	46765	1500	46514	1502	46579
<b>SB2</b>	221	7120	525	16662	523	16598	526	16667
<b>SB3</b>	2114	69774	840	27722	870	28742	876	28931
<b>GB1</b>	3835	46024	4076	48917	312	3755	249	2988
<b>GB2</b>	41192	123651	41550	124723	45282	136435	45045	135238
<b>EEX</b>		0	304	12298	299	11842	297	11635
<b>HE</b> (Steuer)		11289		11286		11290		9903
<b>RK</b>	202		295		285		7	
<b>Gesamt</b>		297629		288373		255176		251941
<b>ΔK zu S1</b>		-		9256		42453		45688

Hier kann gezeigt werden dass z. B. durch Peak-Shaving Gasbezug aus teuren Bezugsverträgen vermieden werden kann. Des Weiteren sinkt die Verlustwärme des Rückkühlers, die ungenutzt an die Umgebungsluft abgegeben wird, auf ein Minimum. Bei einem Marktwert von durchschnittlich 20 € pro MWh KWK-Fernwärme ist das Einsparpotential enorm. Durch Strombezug von der Börse gelingt es ferner, zu günstigen Zeiten Bezug aus den Verträgen zu vermeiden und Kosten zu sparen. Der Gesamtenergiebezug konnte bei absoluter Lastdeckung um ca. 150 MWh verringert werden. Dies ist ein wichtiger Beitrag zum ökologisch sinnvollen Umgang mit Energie und trägt unmittelbar zur Verringerung der Treibhausgasemission bei. In Abbildung 2 sind der Energiebezug und die Kosten der untersuchten Szenarien grafisch dargestellt.

### Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich durch die ganzheitliche Betrachtung des Versorgungsprozesses während der Optimierung immense Kosten- und Energieeinsparungen erreichen lassen.

In aktuellen Forschungsarbeiten wird untersucht, welche zusätzlichen Vorteile sich im praktischen Anwendungsfall durch die Berücksichtigung von Unsicherheiten während der Optimierung ergeben. Es wird zum Beispiel analysiert, welchen Einfluss die Unsicherheit der Preise/Preisforwards und anderer exogenen Größen auf das Optimierungsergebnis (Fahrpläne der einzelnen Komponenten) hat und welche Unterschiede sich dabei im Gegensatz zum determinierten Modell ergeben.



**Abbildung 2: Energiebezug und Kosten der Szenarios 1 bis 4**

Des Weiteren wird der praxistaugliche Einsatz der stochastischen Optimierung bezüglich der Performance untersucht. Anhand von Anforderungen von Industriepartnern wird festgestellt, welche Komplexität die stochastischen Modelle und welchen Umfang die zu berücksichtigenden Szenariobäume annehmen dürfen, damit ein gutes Aufwand-Nutzenverhältnis erreicht werden kann. Ziel ist es, anhand dieser Ergebnisse zu prüfen, ob ein praxistauglicher Workflow erarbeitet werden kann, um die stochastische Optimierung für die Energiewirtschaft nutzbar zu machen.

#### References:

- [1] Bundesverband Windenergie e.V., "<http://www.wind-energie.de/de/themen/windenergie-von-a-z/eeg-quote/>"
- [2] VDN e.V., "[http://www.vdn-berlin.de/eeg\\_prognose\\_2007.asp](http://www.vdn-berlin.de/eeg_prognose_2007.asp)"
- [3] Martin Hanselmann: Entwicklung eines Programmsystems zur Optimierung der Fahrweise von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Universität Stuttgart (1996)
- [4] Jonas Albiger: Integrierte Ressourcenplanung in der Energiewirtschaft mit Ansätzen aus der Kraftwerkseinsatzplanung, Universität Stuttgart (1997)

#### Authors:

Dipl.-Ing. Sebastian Ritter  
 Dr.-Ing. Peter Bretschneider  
 Fraunhofer Anwendungszentrum Systemtechnik, Am Vogelherd 50  
 98693, Ilmenau  
 Phone: 00493677 4610  
 Fax: 00493677 461100  
 E-mail: Sebastian.Ritter@ast.iitb.fraunhofer.de  
 E-mail: Peter.Bretschneider@ast.iitb.fraunhofer.de