

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. 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

P. Moreno/ D. Westermann/ P. Müller/ F. Büchner

Einsatzoptimierung von dezentralen netzgekoppelten Stromerzeugungsanlagen (DEA) in Verteilnetzen durch Erhöhung des Automatisierungsgrades

Einführung

Konventionelle Versorgungsstrukturen in der elektrischen Energieversorgung (EEV) basieren heute überwiegend auf dem historisch entstandenen Grundprinzip, dass der größte Teil der benötigten elektrischen Energie in zentralen Kraftwerken erzeugt und in Hochspannungsnetzen zur Verfügung gestellt wird. Auf Hoch- und Mittelspannungsebene erfolgt die Übertragung in die Versorgungsbezirke sowie auf Niederspannungsebene die Verteilung zum Endkunden.

Durch den vermehrten Einsatz neuer Energieerzeugungstechnologien auch für eine ökologisch nachhaltige Energieversorgung befindet sich die EEV-Struktur derzeit in einer Wende zu dezentralen Strukturen. In den letzten zwei Jahrzehnten sind dezentrale Energieerzeugungsanlagen (DEA) für den Einsatz im städtischen Versorgungsgebiet zur technologischen „Marktreife“ weiterentwickelt worden. Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), dem Gesetz zur Nutzung umweltfreundlicher Energiequellen, stellt sich die zukünftige Versorgungsstruktur als ein Netzwerk mit einem hohen Anteil an verteilter (dezentraler) Energieerzeugung und somit mit einem höheren Komplexitätsgrad dar. Durch die Ausschöpfung des Kraft-Wärme-Kopplungs-Potentials in öffentlichen Gebäuden und in Ein- und Mehrfamilienhäusern wird eine erhöhte Einspeisung im Niederspannungsnetz zu verzeichnen sein.

Die elektrische Energie von DEA wird hauptsächlich in Verbrauchernähe erzeugt. Im Verteilungsnetz werden derzeit viele Anlagen mit Leistungen von wenigen kW bis einigen 100 kW angeschlossen. Die Mehrzahl dieser Anlagen befindet sich im unteren Leistungsbereich. Derzeit sind vor allem Photovoltaiksysteme und Kraftwärmekopplungsanlagen relevant.

Aus diesem Grund ist in der nahen Zukunft mit einer zunehmenden Verbreitung von DEA im Hausbereich zu rechnen. Der Anteil von DEA, die in das Niederspannungsnetz eingebunden werden, steigt, wobei die maximal mögliche Energie, die als Primärenergie zur Wandlung zur Verfügung steht, ins Netz eingespeist wird. Die derzeit starren Vergütungsmodelle nach dem EEG und Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) in Deutschland unterstützen diesen Prozess.

Zu welchem Zeitpunkt und in welcher Höhe derzeit die Einspeisung erfolgt, bleibt ähnlich wie beim Energieverbrauch letztlich dem Betreiber vorbehalten bzw. wird vom Wetter und der Tageszeit bestimmt. Die Netzbetreiber sind wegen fehlender Beobachtbar- und Steuerbarkeit der DEA „blind“ bezüglich der Einspeisung auf der Niederspannungsseite [1]. Dies führt zwangsläufig u.a. zu einer Verlagerung der Systemführung und -überwachung auf die unteren Netzebenen und erfordert eine „intelligente“, informationstechnologisch gestützte Einbindung und Steuerung dieser DEA im Rahmen von dezentralen Energieversorgungskonzepten, damit die DEA besser geplant und koordiniert zur Stromerzeugung eingesetzt werden können.

Durch die Netzanbindung von DEA an die Verteilnetze und mit zunehmender Anzahl installierter DEA kommt hier auch immer mehr die Frage auf, wie die vielen Anlagen besser in den Netzbetrieb integriert werden können, um weiterhin hohe Versorgungszuverlässigkeit gewährleisten zu können und einen optimierten Einsatz der verschiedenen DEA-Technologien zu ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund sind zur systemkompatiblen Integration von DEA Lösungen in den Bereichen Automatisierung, Information und Kommunikation notwendig, um einen optimierten Einsatz von DEA in Verteilnetzen zu ermöglichen. Angepasste Betriebsführungskonzepte und Zuständigkeiten sind ebenfalls erforderlich, um zu durchgängig technologisch optimierten als auch wirtschaftlich vertretbaren Lösungen zu gelangen. Derzeit werden Energiemanagementkonzepte von Verteilnetzen mit DEA und Lasten entwickelt und der daraus resultierende Kommunikationsbedarf abgeleitet [1]. Diese Energiemanagementkonzepte umfassen im Allgemeinen die Planung, Koordination und die Kontrolle aller Aktivitäten der Verteilnetze mit DEA und haben das Ziel, die Stromerzeugung für den notwendigen Energieeinsatz zu optimieren [2].

Die Zielsetzung besteht darin, zukünftig DEA „intelligent“ mit einer Leitstelle anzuschließen, so dass integrierte, durchgängige Energie- und Informations- sowie Kommunikationsstrukturen einerseits die Optimierung von der Erzeugung über Übertragung und Verteilung bis zum Endverbraucher ermöglichen und andererseits den Betriebszustand der DEA liefern.

Eine Grundvoraussetzung für die Einsatzoptimierung einer großen Anzahl von DEA in Verteilnetzebenen ist die Einbeziehung eines effizienten Kommunikationssystems.

Es stellt sich die Frage, wie DEA in Verteilnetzen sich mit vorhandenen Informations- und Kommunikationstechnologien automatisieren lassen, um eine Einsatzoptimierung von verschiedenen DEA-Technologien zu ermöglichen.

Die vorliegende Veröffentlichung beschreibt die mit dieser Thematik verbundene Automatisierungsmöglichkeit von DEA in Verteilnetzen. Hierzu werden aktuelle Entwicklungen in der Technik verstärkt berücksichtigt.

Ausgangspunkt

Die DEA im Niederspannungsnetz werden derzeit in der Regel ohne Anbindung an ein übergeordnetes Leitsystem oder ein Energiemanagementsystem realisiert. Viele Anlagen haben inzwischen Schnittstellen, die für die Erfassung oder die Fernwartung von Betriebs- und Erzeugungsdaten benutzt werden können. Diese Schnittstellen sind nicht genormt und benutzen unterschiedliche Protokolle. Ein Problem gerade bei kleinen Anlagen ist, dass die Vergütung durch die Erzeugung/Einspeisung im Verhältnis zu den Investitions- und Betriebskosten der Kommunikation gering ausfällt. Praktisch wird bei vielen Anlagen nur die Regelung/Steuerung über die Netzgrößen Spannung und Frequenz vorgenommen, die als Abschalt- und Einschaltkriterium sowie als Synchronisationssignal genutzt werden [3].

Die informationstechnische Einbindung von DEA in eine übergeordnete Leitstelle ist eine Grundvoraussetzung für einen koordinierten, gemeinsamen Betrieb, aus dem ein wirtschaftlicher Nutzen für Anlagenbetreiber und Energieversorger entstehen kann. Hierzu werden grundsätzliche Varianten für die fernwirktechnische Ausrüstung von DEA vorgeschlagen. Im Stadtgebiet existierende DEA werden bisher meistens kommunikationstechnisch nicht in ein übergeordnetes Leitsystem eingebunden.

Es wird von einer Informationsverarbeitung/ -management auf übergeordneter Leitebene ausgegangen. Eine dezentrale Erzeuger-/ Lastoptimierung ist prinzipiell mit dieser Struktur ebenfalls möglich. Die „Intelligenz vor Ort“ entlastet die Kommunikationsverbindungen und die Ressourcen auf Leitebene. Entsprechende Lösungen befinden sich derzeit in Entwicklung, wie z.B: im DINAR-Projekt [4], [5].

Informationsumfang von DEA

Um den Umfang der Anlagenkategorien abzuschätzen, sind die benötigten technischen Informationen einer DEA zu ermitteln. Dabei lassen sich drei Datengruppen unterscheiden: Netzdaten, Anlagendaten und Randinformationen. Die Netzdaten beziehen sich auf den Netzzustand am Verknüpfungspunkt von DEA und werden als Meldungen zwecks Fernüberwachung in die übergeordnete Leitstelle übertragen. Die Anlagendaten beziehen sich auf den Betriebszustand von DEA und werden als Meldungen zwecks Fernüberwachung oder als Befehle zwecks Fernsteuerung in die bzw. aus der übergeordneten Leitstelle übertragen. Randinformationen dienen zur Überwachung der Umgebungsbedingungen von DEA und werden als Meldungen in das übergeordnete Leitsystem übertragen. In der Tabelle 1 sind wichtige Parameter für Netz-, DEA- und Randinformationen zusammengestellt, die entsprechend des Anlagentyps und Automatisierungsart (Fernsteuern/ Fernüberwachen) modifiziert werden können. Informationen der Umwelt können durch kompakte Wetterstationen am Anlagenort (DEA) erfasst werden, die Messwerte zu Temperatur, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung als analoge Größen ausgeben.

Parameter			
Netzdaten	Anlagendaten		Randinformationen
<u>Meldungen</u>	<u>Meldungen</u>	- Betriebsstunden	<u>Meldungen</u>
- Ströme	- Anlagenkennung (Typ, Ort, Betreiber)	- Sammelstörung	- Temperatur
- Spannungen	- Hand/ Aus/ Automatik	<u>Befehle</u>	- Windgeschwindigkeit
- Frequenz	- Aus/ Standby/ An	- Betriebsartvorgabe	- Globalstrahlung
- Power	- Leistung	- Fahrplanvorgabe	- Status
Quality Werte	- Energiezähler	- Zeitsynchronisation	Wärmespeicher
	- Lastgang		- Sabotagemeldungen
	- Wartungsinformation		

Tabelle 1: Informationsumfang

Klassifizierung der Anlagentypen im Informationsverbund

Der gesamte Informationsumfang und die benötigte Aktualität der Daten ist vom Anlagentyp und dessen Beitrag zur Energieerzeugung abhängig. Dementsprechend kann wie in Tabelle 2 eine Klassifizierung von DEA mit Kommunikationsanforderungen vorgenommen werden.

Klassifizierung DEA mit Kommunikationsanforderung					
Kat.	Leistung [kW]	Funktionen	Parameter	Intervall	Volumen/ Monat
0	< 10	autark, installierte Leistung bekannt	-	-	-
1	10 – 50	Überwachungs- funktionen	Lastgang	monatlich	1 - 100 kB
			Servicemeldungen	(archiviert)	
2	50 – 250	Steuerungs- funktionen	Fahrplandaten	wöchentlich	0.1 – 1 MB
			Lastgangdaten	täglich	
			Störungsmeldungen	spontan	
3	250 – 1000	Regelungs- funktionen I	Soll-, Mess-, Zählwerte	¼ h-Werte	1 – 5 MB
			Stör- und Betriebsmeldungen	spontan	
4	> 1000	Regelungs- funktionen II	Soll-, Mess-, Zählwerte	minütlich	5 – 50 MB
			Stör- und Betriebsmeldungen	spontan	

Tabelle 2: Klassifizierung DEA mit Kommunikationsanforderung

Ausrüstungsgrad von DEA

Um einen Überblick über den Ausrüstungsgrad marktüblicher DEA mit Komponenten der Kommunikationstechnik zu erhalten, wurden Angaben von Herstellern zu Photovoltaik-Wechselrichtern (PV-WR) und Blockheizkraftwerksanlagen (BHKW-Anlagen) im Bezug auf folgenden Punkten analysiert:

- allgemeine Produktinformation (Leistungsklasse, Wirkungsgrad)
- herstellerseitige Möglichkeiten, Betriebsparameter elektronisch zu exportieren
- Schnittstellentypen und verwendete Protokolle (herstellerspezifisch/ genormt)
- Software zur Auswertung / Visualisierung verfügbar
- Konzepte zur Fernüberwachung

Die Eingrenzung auf diese zwei Anlagentypen erfolgte aus folgenden Gründen:

- in städtischen Versorgungsgebieten, wo sich die Mehrheit der Verbraucher befinden, sind derzeit vor allem PV- und BHKW-Anlagen relevant
- Durch die Serienfertigung dieser zwei Anlagentypen ist der Ausrüstungsumfang durch den Hersteller weitestgehend festgeschrieben, und im Einzelfall kaum flexibel zu gestalten. Dagegen sind z.B. Anlagen der Wind- oder Wasserkraft oder große BHKW durch die höheren Leistungsklassen in der Regel mit modular aufgebauten Steuerungen ausgestattet, die eine variable Kommunikationseinbindung ermöglichen.

Der Ausrüstungsumfang von DEA ist sehr unterschiedlich. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mittlerweile alle BHKW-Anlagen mit einer Form der Fernüberwachung ausgestattet sind, oder diese optional erhältlich ist. Auf dem Markt der PV-WR sind die unterschiedlichsten Lösungen anzutreffen. Die meisten Geräte im unteren Leistungsbereich bieten intern oder extern realisierte Funktionen, die vorrangig zur Visualisierung der Anlage am PC dienen. Standardparameter sind die aktuelle Leistung und die Ausgangsspannung. Standardschnittstelle ist die RS-232, über die verschiedene Protokolle übertragen werden.

Bei PV- und BHKW-Anlagen werden die Meldungen auf unterschiedlichen Wegen ausgegeben. Die folgenden Punkte gelten für beide Bereiche:

- Datenübertragung durch teilweise offenes Herstellerprotokoll
- Visualisierung durch Software des Herstellers
- Visualisierung über Webportal auf Servern des Herstellers
- Fernübertragung über Wähl-/ Standleitung
- Meldungen über SMS / Fax / E-Mail
- Zugriff über Bussysteme (CANBUS, Profibus)
- Excel-kompatible Formatierung, meist erst händisch über Herstellersoftware zu exportieren
- Wertausgabe über ASCII-Files

Ein gemeinsamer, einheitlicher Anknüpfungspunkt für eine Datenfernübertragung besteht somit bei beiden Anlagenformen nicht. Bei Anlagen mit standardisierten Bussystemen, bzw. offen gelegten Herstellerprotokollen ist eine Fernwirkeinbindung möglich, setzt aber einen anlagenspezifischen Engineeringaufwand voraus. Dies ist vor allem bei großen PV-WR/ BHKW-Anlagen realisierbar, deren Einbindung in die Verteilnetze aufgrund ihrer Leistungsklasse als sehr effektiv angesehen werden kann.

Hardware-Ausrüstung

Das Hardwarekonzept basiert auf verfügbaren Systemkomponenten der Fernwirktechnik. Aufgrund der herstellerseitig unterschiedlichen Ausrüstungsumfänge und Ausbaugrade von DEA mit Kommunikationstechnik und Schnittstellen, ist ein einheitliches Fernwirksystem zu empfehlen.

Durch die Verwendung gleicher Komponenten entstehen folgende Vorteile:

- keine Eingriffe in Software der Kundenanlage notwendig
- Meldungsübernahme über Standardschnittstellen (Stromschleife/ Spannungspegel/ Binärkontakte)
- Nur wenige Ersatzmodule brauchen vorgehalten zu werden
- Funktionalität für alle Anlagen gleichermaßen bekannt
- Engineeringleistungen zur Ankopplung fremder Systeme sind gering
- Schnellere Fehlersuche durch einheitliches System
- Geringer Einweisungsumfang des Wartungspersonals

Entsprechend der dezentralen Erzeugerart werden zwei Ausrüstungsvarianten vorgeschlagen, die über unterschiedliche Übertragungswege eingebunden werden können.

Anlagenausrüstung für Überwachungsfunktion

Die Anlagen der Kategorie 1 im Kleinleistungsbereich, deren Einspeisung nur überwacht werden soll, können mit kleinen Fernwirkgeräten eingebunden werden. Messumformer können die Netzspannung messen und wandeln den Wert in ein Stromausgangssignal (z.B. 0 ... 20 mA) um.

Die Einspeise- oder Bezugsleistung kann durch Energieimpulse der Zähler erfasst werden. Die DEA muss dazu mit geeigneten Zählern ausgerüstet sein. Die Fernwirkeinbindung erfolgt z.B. durch ein externes Modem.

Anlagenausrüstung für Steuerung und Regelung

Für Anlagen der Kategorie 2 bis 4, die einen Ferneingriff gestatten, können mittels eines größeren Fernwirkgerätes eingebunden werden.

Messumformer können elektrische Kenngrößen auf Mittel- und Niederspannungsebene erfassen. Die Messgrößen können über eine Schnittstelle an das Fernwirkgerät mittels Telegramm übermittelt werden. Weiterhin können Messwerte als Analogsignal direkt ausgegeben werden und ein Binärausgang als Zähler oder Grenzwertmelder parametrisiert werden. Die Strom- und Spannungseingänge können bis 10 A bzw. 450 V ohne Wandler belegt werden. Die Frequenz kann z.B. am Spannungseingang L1 gemessen werden.

Knotenstation

Die Erfassung der genannten Anlagenparameter führt bei einer Vielzahl verteilter Erzeugeranlagen zu einem umfangreichen Datenvolumen. Aus diesem Grund ist aus derzeitiger Sicht eine Baumstruktur sinnvoll, in der die Informationen von DEA eines Gebietes in Knotenstationen zusammengefasst werden.

Die Funktionalität der Knotenstationen kann durch einen entsprechend ausgestatteten Industrierechner realisiert werden. Durch ein Windows Betriebssystem können auch herstellerspezifische Software zur Auswertung von Anlagendaten installiert werden.

Kommunikationsstruktur

Eine übergeordnete DEA-Leitstelle verwaltet die verschiedenen Knotenstationen und stellt relevante Betriebsdaten der Netzleitstelle zur Verfügung. In der Abbildung 1 sind die Ebenen mit bidirektionalen und unidirektionalen Kommunikationsbeziehungen dargestellt.

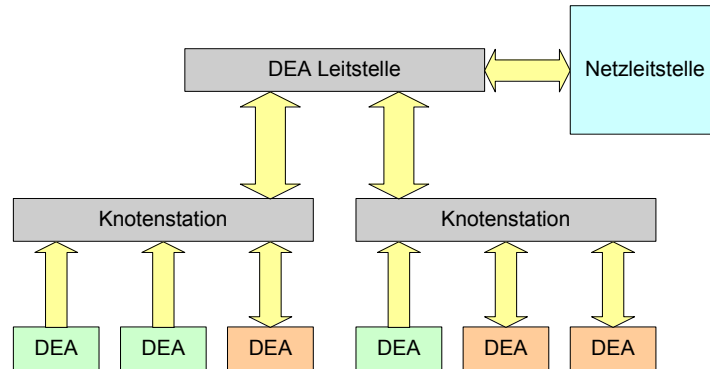


Abbildung 1: Kommunikationsstruktur verteilter Anlagen

Die Verarbeitung des Informationsumfanges beinhaltet die in Tabelle 3 beschriebenen Aufgaben, die auf den unterschiedlichen Ebenen bewältigt werden. Die geographische Anordnung der Knotenstationen ist von den verwendeten Datenfernübertragungsarten abhängig. Bei Verbindungen über öffentliche Übertragungsnetze können die Knotenstationen nahe der Leitstelle eingerichtet werden. Es kann auch eine Einbindung durch bereits fernwirktechnisch erschlossene Mittelspannungsstationen erfolgen, bzw. in diesem Zusammenhang eine Automatisierung von Umspannstationen in Betracht gezogen werden. Die gemeinsame Nutzung der Datenverbindung in die Leitstelle erhöht die Wirtschaftlichkeit der Verbindung.

Ebenen der Datenverarbeitung	
Aufgabe	Ebene
Korrekte Datenerfassung, Zwischenspeicherung, Zeitstempelung und Aufbereitung von Messwerten	Unterstation
Bewertung der einzelnen Meldungen und Einordnung in Prioritätsgruppen	Knotenstation
Zusammenfassung zu Gruppeninformationen, z.B. nach Erzeugertechnologie und Weitergabe an Netzleitstelle	DEA – Leitstelle
Ausgabe von Steuerbefehlen auf Grundlage eines Erzeuger-/Lastmanagements	DEA – Leitstelle

Tabelle 3: Ebenen der Datenverarbeitung

Datenübertragungsarten

Grundsätzlich gelten folgende Anforderungen an ein Kommunikationssystem zur Betriebsführung verteilter Energieerzeuger [6]:

- das System muss ausreichend leistungsfähig und zuverlässig sein
- Gewährleistung der Flexibilität, Offenheit aber auch Sicherheit der Information
- Standardisierte Strukturelemente
- Kostengünstig und zukunftssicher

Durch den Einsatz einheitlicher genormter Fernwirkprotokolle, wie z.B. IEC 61850 und 60870-5-101/104, wird die Einbindung in die Überwachung konventioneller Energieversorgungssysteme erleichtert. Die verschiedenen Möglichkeiten der Datenfernübertragung sollen hier kurz genannt werden:

- PSTN: Public Switched Telephone Network (analoge Wählverbindung)
- ISDN: Integrated Services Digital Network (digitale Datenübertragung)
- GSM: Global System for Mobile Communication
- GPRS: General Packet Radio Service (paketvermittelnder Dienst)
- Zeitschlzfunk (nicht öffentlicher Funkdienst)
- PLC: Powerline Communication (Datenübertragung über Stromnetz)
- Optischer Rundfunk (Informationsübertragung über modulierte Lichtsignale)
- Ethernet (kabelgebundene Datennetztechnologie für lokale Datennetze)

Prinzipiell kann durch moderne Technologien, bei entsprechendem technischen Aufwand, jede Information zu jeder Zeit überall zur Verfügung gestellt werden. Die Auswahl der geeigneten Technologie für die Fernwirkaufgaben bei verteilten

Energieerzeugern ist abhängig von folgenden Punkten: örtliche Gegebenheiten, Datenumfang und Aktualisierungszyklus.

Für die Übermittlung von Meldungen, Befehlen, Zählwerten, usw. sind Datenübertragungsraten bis 30 kbit/s, maximal 64 kbit/s ausreichend. Dies ist bereits mit herkömmlichen Modems bzw. einem ISDN-Kanal abzudecken.

Sollen dem Anwender In Zukunft gleichzeitig auch Mehrwertdienste wie Telefon, Internet oder Fernsehen angeboten werden, sind entsprechend breitbandige Datenkanäle vorzusehen, die prinzipiell technisch zur Verfügung stehen.

Hardwareausrüstung Kommunikation

Um die beschriebenen Datenübertragungswege beispielhaft darzustellen, können marktübliche Hardwarekomponenten (siehe Tabelle 4) ausgewählt werden.

Ausrüstung Kommunikation		
Verbindung	Hersteller / Typ	Eigenschaften
PSTN	Westermo TD-32B	Wähl- und Standleitungsmodem 33,6 kbit/s, RS-232
ISDN	Westermo ID-90	ISDN-Modem 128 kbit/s, vier Alarmeingänge mit SMS-Funktion, Rückruffunktion
GSM/ GPRS	Westermo GD-01	850/ 900/ 1800/ 1900 MHz; Datenrate 14,4 kbit/s; RS-232-Schnittstelle
Zeitschlitz- funk	Panasonic TRM710H	Zeitschlitzfunkmodem für nichtöffentlichen Datenfunk; Frequenzen und Zeitschlitz per DIP Schalter programmierbar; Funkuhr
PLC	Siemens DCS3000	Powerline Modem für 28,8 kbit/s mit kapazitiver Ankoppeleinheit
Optischer Rundfunk	Optel OPTICOMM	Reichweite bis 4.000 m möglich; Multimode-LWL-Anbindung bis 155 Mbit/s; für LAN oder Telekommunikation

Tabelle 4: Ausrüstung Kommunikation

Ein beispielhaftes Kommunikationsnetzwerk zeigt Abbildung 2:

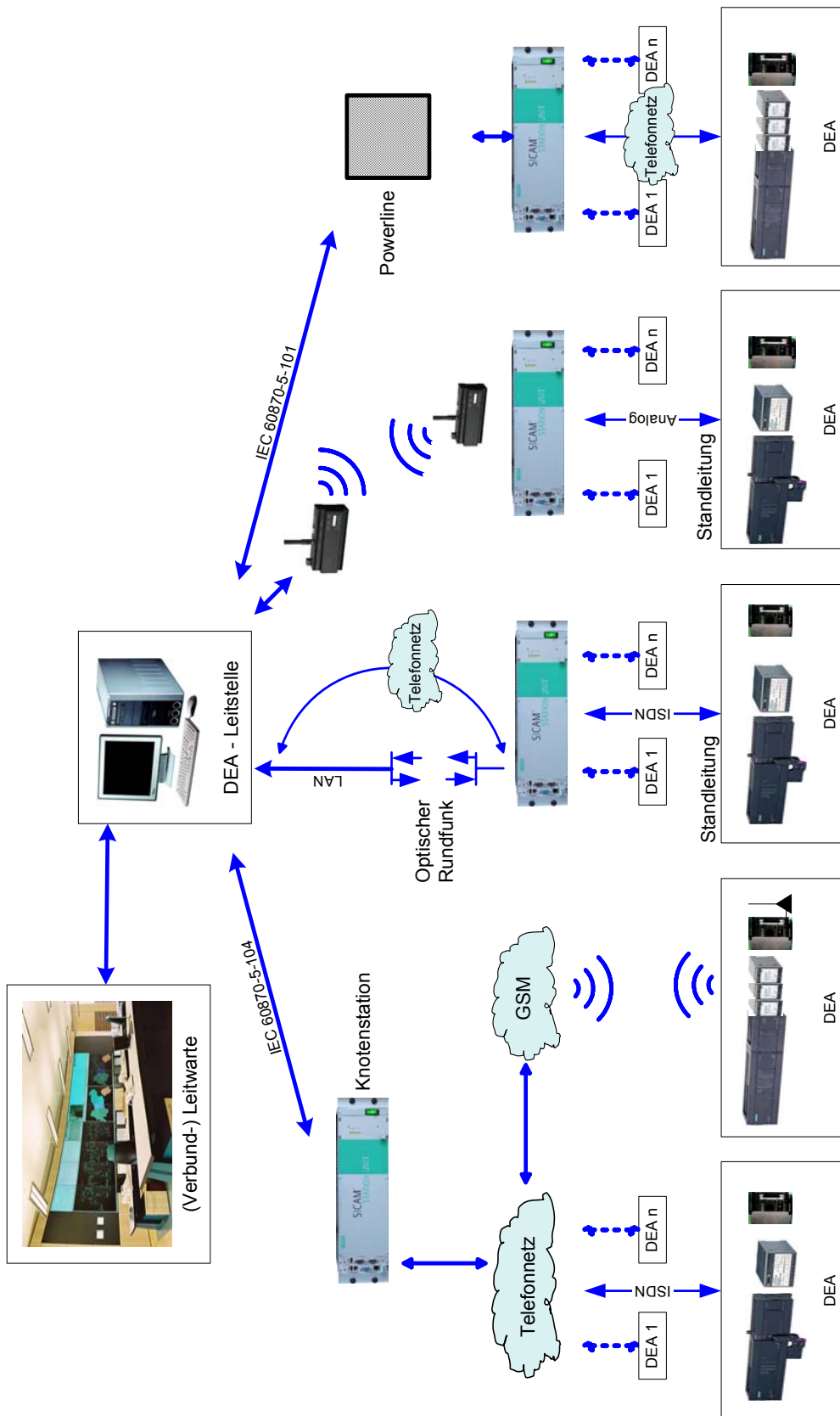


Abbildung 2: Beispiel-Datenübertragungsnetz

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bereits heute und mit derzeitigen Informations- und Kommunikationstechnologien eine Automatisierung von Verteilnetzen mit DEA erfolgen kann. Dies ist die Grundlage, um den Einsatz von DEA in Energieversorgungsnetzen zu optimieren. Durch die Einbindung von DEA in einem umfassenden Kommunikationssystem eröffnen sich für alle Marktteilnehmer weitere Wertschöpfungspotentiale für zahlreiche Dienstleistungen.

References:

- [1] Bendel, C.; Nestle, D.: Bidirektionales dezentrales Energiemanagement im Niederspannungsnetz auf Basis zentraler und dezentraler Informationen, 11. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik 2006
- [2] Schlebusch, V.; Wolff, M.: Energiemanagement in Verteilnetzen mit hohem Anteil an dezentralen Erzeugungsanlagen, 11. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik 2006
- [3] Malcher, S.; Jahn, J.: Dezentrale Energieerzeugung, Weiterentwicklung von der reinen Einspeisung zum intelligenten System, 11. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik 2006
- [4] EUS GmbH, ISET: Dezentrale Energieversorgungsanlagen DINAR I, Dortmund Kassel 2004, Abschlussbericht
- [5] EUS GmbH: Dezentrale Energieversorgungsanlagen DINAR II, Dortmund 2005, Zwischenbericht, Forschungskennzeichen 0329900E
- [6] Englert, T.: IDS GmbH Ettlingen, Unterlagen Stadtwerke Unna
- [7] wik-Consult – FhG Verbund Energie: Potentiale der Informations- und Kommunikationstechnologien zur Optimierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs (eEnergy), Bad Honnef, Dezember 2006

Authors:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Westermann
M.-Ing. Pedro Moreno
Technische Universität Ilmenau, Gustav-Kirchhoff-Str. 1
98684, Ilmenau
Phone: +49 (03677) 69-2838
Fax: +49 (03677) 69-1496
E-mail: dirk.westermann@tu-ilmenau.de, pedro.moreno@web.de

Dr.-Ing. Peter Müller
Stadtwerke Leipzig GmbH, Arno-Nitzsche-Str. 35
04277, Leipzig
Phone: +49 (0341) 121 3900
Fax: +49 (0341) 121 3673
E-mail: peter.mueller@swl.de

Dr.-Ing. Frank Büchner
Siemens AG RD OST BLN PTD, Nonnendammallee 101
13629, Berlin
Phone: +49 (030) 386 35600
Fax: +49 (030) 386 35802
E-mail: frank.buechner@siemens.com

