

Intelligente Stromnetze - Perspektiven und Potenziale

Dr. Erik Hauptmeier und Friedrich Schulte, RWE AG, F&E

1. Motivation

Der Klimaschutz und die Endlichkeit fossiler Ressourcen führen zu einem teils politisch getriebenen Paradigmenwechsel hin zu erneuerbaren Energiequellen und dezentralen Versorgungsstrukturen. Dies betrifft beispielsweise Stromwärmepumpen zur Deckung des Wärmebedarfs von Haushalten, aber auch Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik. Gerade Letztgenannte zeichnen sich durch starken fluktuierenden Charakter aus, was zu neuen Anforderungen jenseits der bisherigen deterministischen Planung der Stromerzeugung führt. Zusätzlich werden durch Einführung dezentraler KWK Gas- und Fernwärme von dieser Entwicklung betroffen sein. Die zunehmende Durchdringung des Elektrizitätssystems mit dezentralen Erzeugern und damit einem vermehrt stochastisch geprägten Angebot erfordert Maßnahmen, die das bisher völlig stochastische Nachfrageverhalten – gerade der Kleinkunden – beherrschbarer machen, um so einen Ausgleich von Angebot und Nachfrage nach elektrischer Energie auch zukünftig sicher stellen zu können.

Eine Vielzahl von verschiedenen Zukunftsszenarien trifft Aussagen, die ein Netzbetreiber mindestens insofern auswerten muss, als dass er bewerten muss inwieweit seine Netze jeweils anzupassen sind. Z. B. nimmt das BMU-Leitszenario von 2008 für das Jahr 2030 eine Erzeugung von 21,9 TWh Photovoltaik und 41 TWh KWK unter 10 MW an, was gegenüber 2010 eine Steigerung um 350 % bzw. 280 % bedeutet. Hinzu kommen aktuelle Effizienzbemühungen, die auf eine Optimierung von Erzeugung und Verbrauch im Rahmen des gesetzlichen Unbundlings (d. h. die rechtliche und wirtschaftliche Trennung von Erzeugung, Verteilung und Verbrauch/Vertrieb von Energie) abzielen.

Infolge dieser Entwicklungen ist die Implementierung möglichst flexibler und dennoch kosteneffizienter Systeme erforderlich. Dies beinhaltet verstärkte Automatisierung mit einem erhöhten Anteil von Informations- und Kommunikationstechnologie in elektrischen Verteilungsnetzen als auch, ggf. in einem späteren Schritt, bei Gas und Fernwärmenetzen.

2. Smart Energy allgemein

Das mit den eingangs beschriebenen Flexibilitätsanforderungen verbundene technische Konzept wird mit dem Begriff Smart Energy umschrieben. Es umfasst im Teilbereich Smart Grids die Netze, die intelligente Zähldatenerfassung mit Smart Metering, intelligente Erzeugung bis hin zu virtuellen Kraftwerken sowie die Verbrauchsseite im Rahmen von Smart Home (Abb. 1).

Während selbst in Fachkreisen das hier vorgestellte Konzept oftmals vereinfachend mit Smart Grids bezeichnet wird, ist die hier vorgenommene Einteilung unbedingt notwendig, um gerade in Europa den Maßgaben der gesetzlichen Entflechtung von Erzeugung, Verteilung und Verbrauch/Vertrieb nachzukommen. Dies bewirkt eine hohe Komplexität des Gesamtsystems, da sich die Teilkomponenten auf die Sparten Strom, Gas, Fernwärme und ggf. Wasser mit allen dazugehörigen Schnittstellen zwischen Kunde, Transport und Erzeugung aufteilen.

Grundsätzlich stellt Smart Energy somit auch eine Systemintegration bestehender Komponenten dar. Hierbei ist trotz der Anforderungen des Unbundlings zu erwarten, dass sich ein wirtschaftliches Optimum unter maximaler Ausnutzung von Effizienz-potenzialen und Synergien einstellen wird. Smart Energy stellt folglich i. W. eine „Enabling Technology“ für zukünftige Energiedienstleistungen dar. Im Weiteren werden ausgewählte Teilaspekte näher beschrieben.

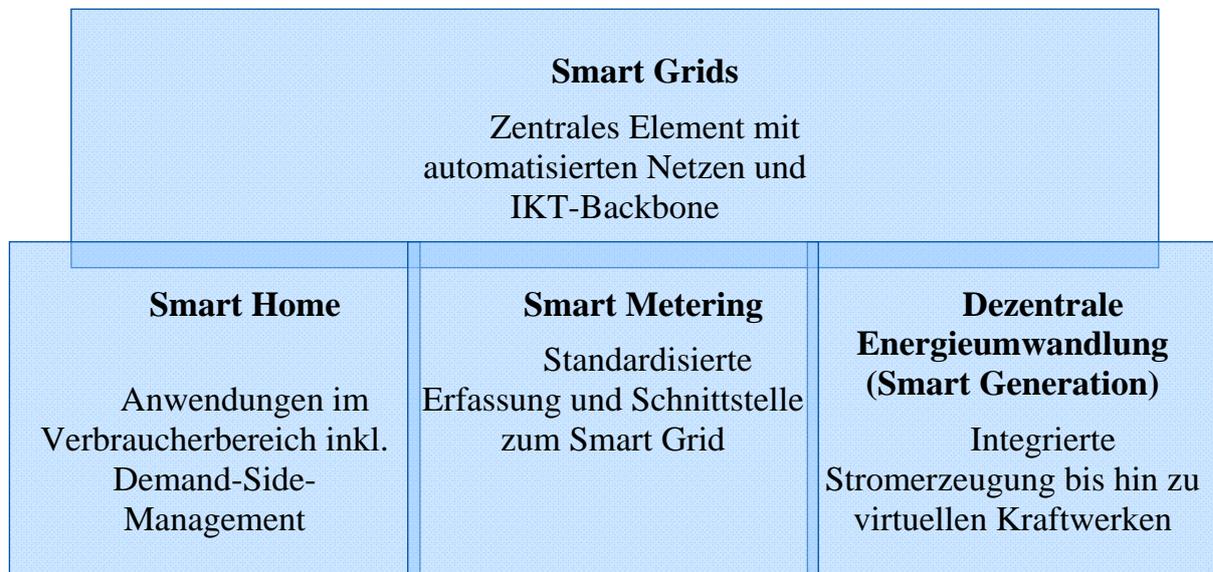


Abb. 1: Konzept von Smart Energy

3. Netzaspekte

Anhand des Teilaspekts Versorgungsnetze, von denen voraussichtlich die Stromnetze bei den Smart Grids die größte Bedeutung erlangen werden, soll die vorab geschilderte Komplexität näher erläutert werden. Es ist festzustellen, dass viele Aufgabenbereiche betroffen sind, um innovative intelligente Netze zu schaffen und gerade in großen Unternehmen sind diese oftmals in unterschiedlichen Abteilungen organisiert, die – neben allen technischen Herausforderungen - geeignet koordiniert werden müssen.

Im Wesentlichen sind betroffen:

- **Netzentwicklung**

Ausgehend von den bestehenden Netzstrukturen sind die Netze im heutigen Zustand so weiterzuentwickeln, dass die zukünftige Versorgungsaufgabe erfüllt werden kann. Gerade angesichts der einleitend erwähnten Unsicherheiten sind hier vor allem flexible Strukturen für Betrieb und „Intelligenz“, d. h. Verwendung von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) vorzusehen.

- **Netzwirtschaft**

Heutige wie zukünftige Netze sind in Bezug zu den erzielbaren Erlösen geeignet zu finanzieren. Hierzu sind geeignete neue Modelle aufzusetzen. Diese müssen insbesondere die Vorgaben der Anreizregulierung mit einschließen, die per Benchmarking besonders effiziente Netzstrukturen erreichen soll. Es ist aber auch

darauf zu achten, dass praktikable Entgeltmodelle geschaffen werden und Marktteilnehmer, die aufgrund des Unbundlings nicht direkt beeinflussbar sind, durch wirtschaftliche Impulse dazu angehalten werden, im Sinne des Systems zu agieren (Incentivierung).

- Datenmanagement

Auf europäischer Ebene wird das Smart Metering stark forciert. Im Rahmen der Energiedienstleistungsrichtlinie (EDL) sind elektronische Zähler flächendeckend einzusetzen. Ihre Daten sind dem Kunden selbst und dem Vertrieb des jeweiligen Versorgers geeignet zur Verfügung zu stellen. Dabei werden das Datenvolumen und der mit seinem Handling verbundene Aufwand nicht unerheblich sein. Abhängig vom Geschäftsmodell der unterschiedlichen Akteure bzw. der Kundenbedürfnisse hat der Betreiber eines Smart Grids die Daten geeignet zu sammeln und zentral vorzuhalten. Dabei ist sowohl aus Datenschutz- als auch aus Effizienzgründen eine sinnvolle Konzentration der Daten vorzunehmen.

- Energiemanagement

Der Betrieb einzelner Komponenten und Subsysteme ist im Rahmen der legalen Vorgaben zu optimieren. Dies betrifft insbesondere Lastmanagement, virtuelle Kraftwerke und dezentrale Energiespeicher. Hierzu wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Industrie die Initiative e-Energy gegründet, deren Teilprojekt E-DeMa nachfolgend näher vorgestellt wird.

- Energievertrieb

In den neuartigen Konzepten muss der Kunde geeignet angesprochen und insbesondere im Bereich des Lastmanagements von einer Teilnahme überzeugt werden. Hierzu sind neue Produkte zu entwickeln, die sich im Wettbewerb durchsetzen müssen. Dabei ist auch das Abrechnungsverfahren zu berücksichtigen, das durch Smart Metering ganz neue Optionen sowohl hinsichtlich Automatisierung als auch Systemgestaltung an sich beinhalten wird.

Vorherige Ausführungen legen einen relativ hohen Anteil an IKT nahe. Gleichwohl ist zu beachten, dass die Ausprägung der IKT-Struktur von der zukünftigen Versorgungsaufgabe und den zukünftigen Anschlusskonstellationen abhängen wird. Daher ist je nach lokaler Situation durchaus auch eine Netzstruktur denkbar, die mehr auf bestehender Netztechnik und weniger auf Automatisierung und IKT basieren wird (plakativ: Kupferplatte). Maßgebliches Kriterium ist hier die Effizienz, die anhand minimaler Kosten über die Netznutzungsdauer bei möglichst flexibler Nutzung zu definieren ist. Beispielhaft seien für mögliche Probleme in zukünftigen Netzen folgende Aspekte angeführt:

- Einhaltung des genormten Spannungsbandes auch bei massiver dezentraler Einspeisung und geringer Last
- Normgerechte Oberschwingungspegel trotz massiver Zunahme von elektronischen Lasten (Kompaktleuchtstofflampen statt Glühbirnen) und umrichterbasierter Einspeisung, d. h. mehr Leistungselektronik im System
- Frequenzhaltung und ausreichend hohe Kurzschlussleistung zum Ansprechen der Schutzgeräte trotz vieler leistungselektronisch gekoppelter, dezentraler Erzeuger mit deutlich geringeren Beiträgen zur Netzkurzschlussleistung anstatt zentraler Generatoren mit großen rotierenden Massen.

4. Mögliches Systemkonzept

Insgesamt ist eine zweistufige Systemrealisierung zu erwarten. In einem ersten Schritt wird, flankiert durch die Vorgaben der EDL, Smart Metering implementiert werden. Dies ist bereits in Vorbereitung. In einem zweiten Schritt werden Lastmanagement, Management von dezentralen Erzeugern und Speichern sowie Kundenanwendungen in das System mit einbezogen werden. Dies ist gegenwärtig Forschungsgegenstand und wird z .B. im Projekt E-DeMa im Rahmen der e-Energy-Initiative des BMWi untersucht.

Bereits bei Smart Metering tritt neben der geschilderten technischen Komplexität auch eine erhöhte Anzahl von beteiligten Akteuren und Schnittstellen auf:

- Gesetzgeber, der die Rahmenbedingungen für das System definiert
- Kunde, der transparent, kosteneffizient und flexibel seinen Energiebedarf decken will,
- Lieferant der seine Energie möglichst effizient und unter erhöhter Kundenbindung vermarkten will,
- Messstellenbetreiber, der möglichst flexible Erfassungs- und Datenmanagementsysteme benötigt,
- Verteilnetzbetreiber, der technisch flexible, kostengünstige und gesetzeskonforme Lösungen verfolgt,
- Handwerker, der im Auftrag der übrigen Akteure das System installiert.

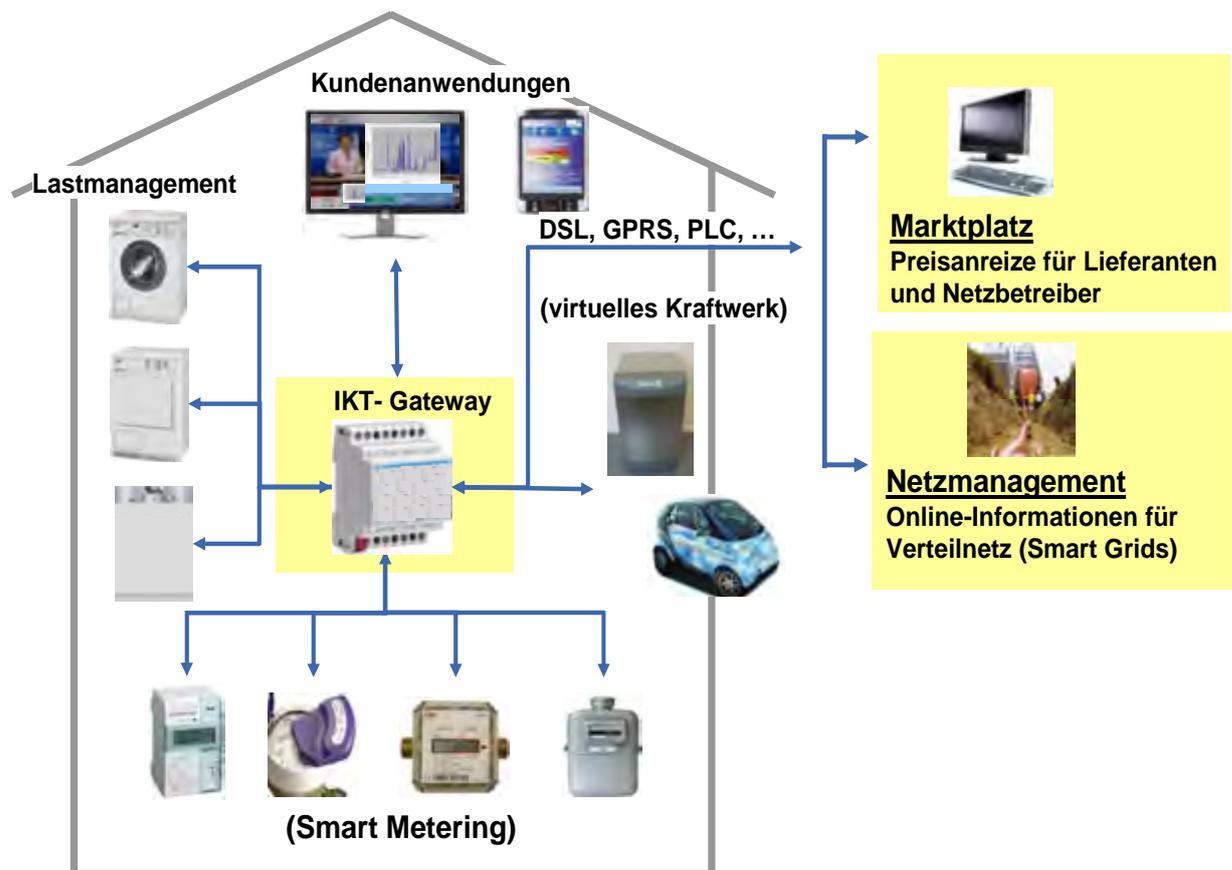


Abb 2: Umfassenden Automatisierungslösung als Weiterentwicklung von Smart Metering

Auf technischer Ebene ist anzumerken, dass flexible, modulare Systeme zu erwarten sind. Dies resultiert aus der Tatsache, dass eine Vielzahl von Systemen existiert, die einerseits im Zählwesen der Eichpflicht unterliegen und andererseits aber unterschiedliche Datenschnittstellen besitzen. Hinzu kommt, dass die Datenübermittlungs- und –verarbeitungssysteme sich voraussichtlich im Vergleich zu den Zählern für Strom, Gas oder Wasser an den eher kürzeren Lebenszyklen der IKT orientieren werden. Daher ist es sinnvoll, die Verbrauchsmessung selbst und die Datenbehandlung zu trennen, in dem die Messdaten zunächst in einem so genannten Multi-Utility-Communicator (MUC) gesammelt werden, um sie danach weiter zu übermitteln.

Mit Hilfe des MUCs als technische Zusatzkomponente lässt sich auch die zweite Stufe elegant realisieren, in der dezentrale Geräte in das System integriert werden. Hier ist der MUC dann durch ein IKT-Gateway mit weiteren Schalt- und Erfassungsmöglichkeiten zu ersetzen (Abb. 2).

Die gesetzeskonforme Umsetzung dieses Konzepts ist nicht trivial. Hierzu werden im Rahmen der e-Energy-Initiative sechs Projekte durchgeführt. Repräsentativ wird hier E-DeMa näher beschrieben, welches eine automatisierte Systemlösung mit der Realisierung so genannter lokaler „Marktplätze“ untersucht.

Ziel von E-DeMa ist die Schaffung eines neutralen e-Energy Marktplatzes, der von unabhängiger Instanz betrieben wird und somit die Anforderungen des Unbundlings gewährleistet. Ferner dient er der Integration von kleineren dezentralen Einheiten und Großkraftwerken, da auf diesem neu geschaffenen Marktplatz Leistungskontingente in signifikanter Größenordnung aggregiert werden können.

Es ergeben sich dabei die folgenden Marktakteure:

- **Prosumer** (Kunstwort aus Producer und Consumer):
Herkömmliche Kunden, die nur Energie konsumieren, werden bei teils dezentraler Energieversorgung (z. B. durch Mikro-KWK oder Photovoltaik) ergänzt durch diejenigen, die vor allem im Privatbereich auch Energie zurückspeisen
- **Erzeuger:**
Produzenten, die dezentral Strom selbst erzeugen oder vermarkten
- **Messstellenbetreiber:**
Dienstleister, die Zähldatenerfassung und –übermittlung durchführen
- **Netzbetreiber:**
Betriebsführung der Netzinfrastruktur
- **Energiehändler:**
Handeln analog zum großskaligen Handel auf lokaler Ebene mit Energie
- **Neue Dienstleister:**
Z. B. Aggregatoren, die dezentrale Leistungskontingente, sei es aus Speichern, dezentralen Erzeugern oder steuerbaren Lasten aggregieren, um sie auf dem nationalen Markt verkaufen zu können.

Einen weiteren Aspekt dieser neuen Struktur stellt die Tatsache dar, dass neben der bestehenden physikalischen Netzhierarchie von Höchstspannung über Hoch- und Mittel- hin zur Niederspannung in regionaler Gruppierung eine parallele, abstrakte Hierarchie entsteht. Diese wird durch verschiedene E-DeMa-Marktplätze gebildet, die ihrerseits bis zum nationalen Markt insgesamt aggregiert werden können (Abb. 3).

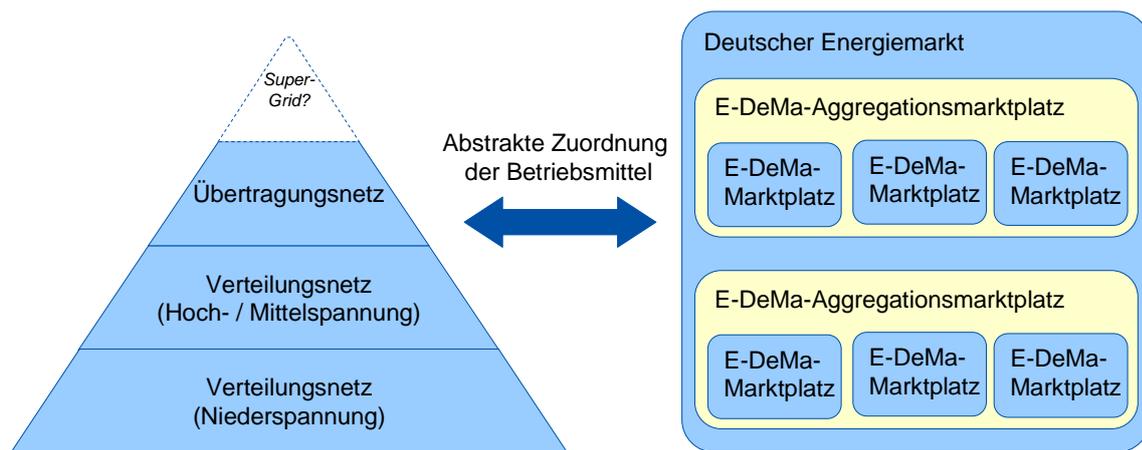


Abb.3: Parallele Hierarchien

5. Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde dargelegt, dass Smart Energy eine zukunftsgerichtete und flexible Systemgestaltung darstellt. Insgesamt kombiniert sie die verschiedenen Teilkomponenten sinnvoll und stellt eine Enabling Technology für zukünftige Versorgungs-Dienstleistungen dar. Sie ist in die Subkomponenten Smart Grids, Smart Home und Smart Metering zu untergliedern und integriert auch dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung. In Bezug auf Smart Home sind die erschließbaren Potenziale allerdings noch nachzuweisen. Dies gilt vor allem in den Bereichen Demand Side Management und dezentrale Energiespeicherung.

Smart Energy stellt ein relativ komplexes System dar, das in voller Ausprägung zu den physikalischen Systemen eine Parallelhierarchie darstellen kann. In diesem Sinne sind möglichst viele Anwendungen für Smart Energy zu erschließen, um einen wirtschaftlichen Betrieb der komplexen Infrastruktur zu ermöglichen.

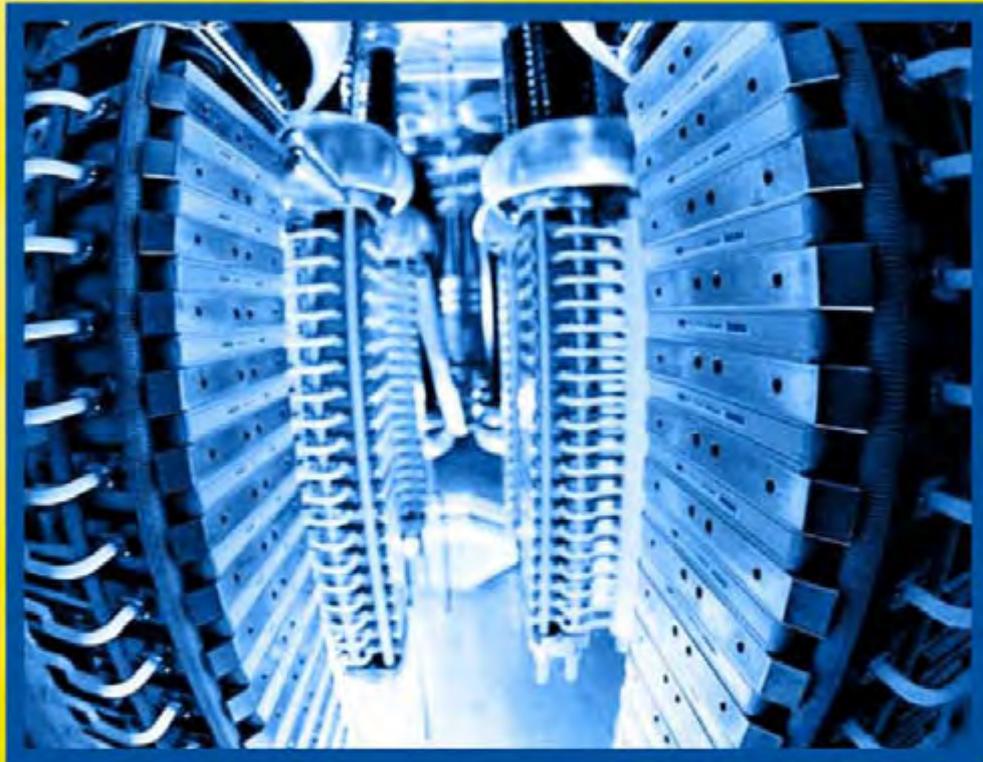
Während die grundlegenden technischen Konzepte von Smart Energy im Wesentlichen existieren, befindet sich die systematische Ausgestaltung noch im Bereich der Forschung und Entwicklung.

Friedrich Schulte
 Forschung & Entwicklung Konzern
 RWE AG
 Opernplatz 1
 D-45128 Essen
 friedrich.schulte@rwe.com

Exzerpt aus Tagungsband des AKE, DPG-Tagung 2010 Bonn

home:

http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/AKE_Archiv/DPG2010-AKE_Bonn/Links_DPG2010.htm



Energie

Technologien für die Zukunft

Vorträge auf der DPG-Frühjahrstagung in Bonn 2010

Herausgegeben von Hardo Bruhns

Energie

Technologien für die Zukunft

Vorträge auf der DPG-Frühjahrstagung in Bonn 2010

Arbeitskreis Energie in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Herausgegeben von Hardo Bruhns

Bad Honnef, April 2011

Frühjahrstagung des Arbeitskreises Energie
in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
Bonn, 15. und 16. März 2010

Hauptvorträge

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	5
Übersicht über die Fachsitzungen.....	7
Abstracts	8
Energieeffizienz in der Informationstechnologie (vorgetragen von W. Gnettner).....	18
ITER, the Decisive Step towards Fusion Energy (vorgetragen von G. Janeschitz)	29
The Physics Base for ITER and DEMO (vorgetragen von H. Zohm).....	44
Neue Reaktorenkonzepte für die Kernspaltung, Entwicklungen von AREVA (vorgetragen von W. Dams).....	55
Brennstoffzellen für mobile Anwendungen – Wo stehen wir auf diesem Weg? (vorgetragen von D. Stolten)	67
Elektrische Energiespeicher (vorgetragen von M. Rzepka)	77
Strom aus solarthermischen Kraftwerken im Sonnengürtel (vorgetragen von R. Pitz-Paal)	90
Stromtransport: Erfordernisse und Lösungen für ein europäisches Verbundnetz unter Nutzung solaren Stroms aus Nordafrika (vorgetragen von T. Benz)	97
Intelligente Stromnetze - Perspektiven und Potenziale (vorgetragen von F. Schulte)	108
Geothermische Stromerzeugung - Vom Reservoir bis zur Turbine (vorgetragen von E. Huenges).....	114
Energie aus Biomasse – Perspektiven für Europa (vorgetragen von D. Thrän).....	126
Thermodynamisch optimiertes Heizen und Kraft-Wärme-Kopplung (vorgetragen von G. Luther).....	137

Der vorliegende Band fasst schriftliche Ausarbeitungen der Hauptvorträge der AKE Tagung des Jahres 2010 in Bonn zusammen. Leider ist es nicht gelungen, von allen Vortragenden Manuskripte zu erhalten. Die Präsentationsfolien aller Hauptvorträge können auf der Webseite des Arbeitskreises über:

<http://www.dpg-physik.de/dpg/organisation/fachlich/ake.html>

(von dort zu dem Archiv des AKE weiterklicken) eingesehen werden. Allen, die zu diesem Sammelband beigetragen haben, sei an dieser Stelle sehr herzlich gedankt.

Düsseldorf, im Dezember 2010

Hardo Bruhns

Direkter Link zum AKE - Archiv:

<http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/index.htm>

Direkter Link zum AKE - Archiv, Tagung 2010 -Bonn:

http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/AKE_Archiv/DPG2010-AKE_Bonn/Links_DPG2010.htm