



# Smart Energy made in Germany

Zwischenergebnisse der E-Energy-Modellprojekte auf dem Weg zum Internet der Energie



Diese Broschüre entstand im Rahmen der Begleitforschung des E-Energy-Programms. Dargestellt werden exemplarische Ergebnisse der sechs Modellprojekte sowie erste, verallgemeinerbare Erkenntnisse aus Sicht der Begleitforschung.

Die Modellprojekte von E-Energy sowie die Begleitforschung werden im Rahmen des Forschungsschwerpunkts E-Energy vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) in ressortübergreifender Partnerschaft mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert. Die hier dargestellten Zwischenergebnisse und die daraus gezogenen Schlüsse sind mit den Modellprojekten abgestimmt, stellen aber nicht in jedem Fall die Meinung oder Position der Fördergeber dar.

### **Herausgeber**

B.A.U.M. Consult GmbH, München/Berlin

### **Text und Redaktion**

B.A.U.M. Consult GmbH, München/Berlin mit Unterstützung der Projektpartner in den Modellregionen und der Begleitforschung (TU Darmstadt, TU München, incowia GmbH, LoeschHundLiepold Kommunikation GmbH)

### **Gestaltung und Produktion**

LoeschHundLiepold Kommunikation GmbH, Berlin

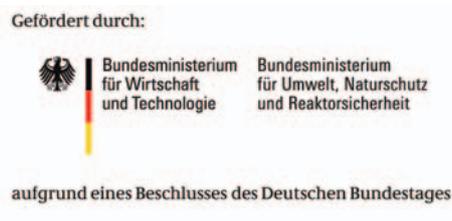
### **Bildnachweis**

S. 1: E-Energy; S. 2: BMWi; S. 3: BMWi; S. 5: E-Energy; S. 6: E-Energy; S. 7: TU Darmstadt, E-DeMa, eTelligence; S. 9: TU Darmstadt, MeRegio, moma; S. 10: TU Darmstadt, RegModHarz; S. 11: VDE/DKE; S. 13: E-Energy; S. 14: E-Energy; S. 15: Harz e-mobility; S. 16: E-Energy; S. 17: E-Energy; S. 18: MeRegio; S. 19: Smart Watts, Stawag; S. 20: Modellstadt Mannheim; S. 21: eTelligence; S. 22: Modellstadt Mannheim; S. 24: RegModHarz, [www.energiepark-drueberg.de](http://www.energiepark-drueberg.de); S. 25: E-DeMa, Viessmann; S. 26: Modellstadt Mannheim; S. 27: MeRegio; S. 31: MeRegio; S. 32: E-Energy; S. 33: E-DeMa; S. 34: E-Energy; S. 35: EE-Bus, OGEMA; S. 36: E-Energy; S. 39: B.A.U.M. Consult, TU Darmstadt; S. 40: Kellendonk Elektronik

### **Druck**

dprint GmbH

© B.A.U.M., 2012



## GRUSSWORT



*Eine bezahlbare und zuverlässige Energieversorgung ist eine wesentliche Grundlage für stetiges Wachstum unseres Industriestandortes. Klimawandel, steigende Energienachfrage und knapper werdende Rohstoffe stellen Deutschland dabei vor große Herausforderungen. Dies spiegelt sich auch in den energie- und klimapolitischen Beschlüssen der letzten beiden Jahre wider: Erstens soll der Ausstoß der Treibhausgasemissionen bis 2050 deutlich reduziert werden. Zweitens sollen die erneuerbaren Energien zukünftig den Hauptteil der Energieversorgung bereitstellen. Und drittens wollen wir den Energieverbrauch deutlich reduzieren und die Energieeffizienz erhöhen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie wird als federführendes Ministerium in der Energiepolitik darauf achten, dass bei der Umsetzung dieser Beschlüsse Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit stets im Blick bleiben.*

*Mit dem grundlegenden Umbau der Energieversorgung wird sich die Struktur des Versorgungssystems in den nächsten Jahrzehnten stark verändern. So wird etwa die Zahl kleiner und dezentraler Erzeuger mit stark schwankender, vom Wetter abhängiger Stromerzeugung zunehmen. Diese Entwicklungen stellen eine große Herausforderung für die Netzbetreiber dar. Die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) können hier einen entscheidenden Beitrag leisten. Mit ihrer Hilfe können wir das wachsende Stromangebot aus regenerativen und dezentralen Energiequellen und die Stromnachfrage besser ausbalancieren. Dabei kommt der Kommunikationstechnik sowohl beim Ausbau der Netze als auch beim Umbau des gesamten Stromversorgungssystems eine wichtige Rolle zu.*

*Ob man es Smart Grid, aktives oder intelligentes Netz nennt: Es geht um die systematische Optimierung der Elektrizitätsversorgung. Das reicht von der Gewinnung des Stroms über die Speicherung, den Transport, die Verteilung bis hin zur effizienten Verwendung. In Deutschland wird dies modellhaft erprobt unter dem Dach der Förderinitiative der Bundesregierung „E-Energy – IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft“. E-Energy – das heißt „Smart Energy made in Germany“.*

*Bei E-Energy sind tatkräftige Partner mit an Bord. Gemeinsam wollen wir klären, was technisch machbar und was wirtschaftlich sinnvoll ist. In sechs Modellregionen erforschen und erproben Industrie- und Wissenschaftskonsortien in unterschiedlichen Szenarien die wesentlichen Elemente einer intelligenten Energieversorgung. Im Rahmen des Umbaus unserer Energieversorgung hoffen wir auf wichtige Beiträge aus den Modellregionen. Deshalb sind die Experten aus den Modellregionen eng eingebunden in die Arbeitsgemeinschaften der Plattform „Zukunftsfähige Energienetze“. E-Energy kann so dazu beitragen, den Wirtschaftsstandort Deutschland in einem für den globalen Wettbewerb entscheidenden Feld an die Spitze zu bringen.*

*Die vorliegende Broschüre gibt einen ersten Einblick in die Ergebnisse der sechs E-Energy-Modellregionen und der E-Energy-Begleitforschung. Zum Abschluss ihrer Arbeiten im Jahr 2012 wird es weitere Resultate geben, auf die wir gespannt sein können. Ich wünsche den Teilnehmerinnen und Teilnehmern in den Modellregionen auf diesem Weg viel Erfolg.*

*Ihr*

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Rösler', written in a cursive style.

*Dr. Philipp Rösler  
Bundesminister für Wirtschaft und Technologie*





## SMART ENERGY MADE IN GERMANY

### Energiewende im Spannungsfeld

Drei große Ziele stehen seit jeher im Fokus der deutschen Energiepolitik: Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit. Diese in Zeiten steigender Nachfrage, Rohstoffknappheit und Klimawandel zu erreichen, stellt uns alle vor große Herausforderungen. Mit seiner Energiepolitik sorgt das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie federführend dafür, dass eine zuverlässige Versorgung bei angemessenen Kosten realisiert werden kann.

Deutschland hat die gesellschaftliche Grundentscheidung getroffen, seine Energieversorgung in Zukunft aus erneuerbaren Quellen zu decken. Im Herbst 2010 hat die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept die Weichen für den Einstieg in das neue Zeitalter gestellt. Die Kernenergie sowie die fossilen Energieträger haben darin nur so lange eine Brückenfunktion, bis die erneuerbaren Energien zuverlässig ihre Rolle übernehmen können und die dafür notwendige Energieinfrastruktur ausgebaut ist. So soll der Anteil an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch von heute 17% auf 35% bis 2020 steigen. Durch einen beschleunigten Netzausbau und Netzbau, die Verbesserung der Markt- und Systemintegration sowie die verstärkte Nutzung von Speichern sollen die erneuerbaren Energien zunehmend bedarfsgerecht Strom bereitstellen können. So sollen sie bis 2050 einen Anteil von 80% am Stromverbrauch erreichen. Neuere Studien zeigen, dass schon in 10 Jahren 40% Anteil erreichbar sind.

Der grundlegende Umbau unserer Energieversorgung bedeutet vor allem eine Chance für kommende Generationen. Als erste große Industrienation kann Deutschland die Wende zu einem hocheffizienten erneuerbaren Energiesystem schaffen. Dies verlangt aber auch ein hohes Maß an Realismus, Vernunft und Augenmaß. Dabei spielen Innovation und fortschrittliche Technologien eine ebenso große Rolle wie geeignete Rahmenbedingungen, die von einer zugleich markt- und wettbewerblich orientierten Politik gesetzt werden. Mit einem umfangreichen Gesetzespaket hat die Bundesregierung im Sommer 2011 die Grundlagen dafür gelegt. Das sogenannte Energiepaket umfasst sieben Gesetze und eine Verordnung (u. a. EnWG-Novelle, EEG-Novelle, Änderung im Energie- und Klimafondsgesetz).

Die Energiewende kann nur gelingen, wenn es eine möglichst breite gesellschaftliche Unterstützung für diesen Umbau und die damit verbundenen Anforderungen an uns alle gibt. Bund, Länder und Kommunen, Wirtschaft, Industrie und Gewerkschaften, Umwelt- und Verbraucherverbände, Bürgerinnen und Bürger sind gemeinsam gefordert. Um den notwendigen Dialog zu fördern, bringt das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie mit der neu gegründeten „Netzplattform“ Vertreter all dieser Gruppen an einen Tisch. Der dort gepflegte Austausch soll helfen, dass alle Maßnahmen auf dem Weg in eine veränderte Energieversorgung und Energienutzung von einem hohen Maß an gesellschaftlicher Akzeptanz geprägt sind.

## Innovation und Liberalisierung als Garant für den wirtschaftlichen Erfolg

Deutschland ist eines der leistungsfähigsten und wirtschaftlich erfolgreichsten Länder der Welt. Eine wettbewerbsfähige Energieversorgung insgesamt und der Unternehmen im Speziellen ist die Voraussetzung für die erfolgreiche Entwicklung des Wirtschaftsstandorts Deutschland. Es gilt, die Energiewende so zu gestalten und umzusetzen, dass davon Impulse für Innovationen und eine erfolgreiche wirtschaftliche Entwicklung ausgehen.

### Smart Grid als Exportschlager

Nicht nur bei den politischen Entscheidungen, sondern auch bei der Entwicklung der Technologien für das Energiesystem der Zukunft nimmt Deutschland eine Vorreiterrolle als Leitmarkt ein. Die Energiewende eröffnet neue technologische und ökonomische Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als Exportnation. In der besten Tradition deutscher Ingenieure werden neue Technologien und Produkte, neue Exportmöglichkeiten und damit Beschäftigung und Wachstum entstehen. Der beschleunigte Weg ins regenerative Zeitalter soll Deutschland bei wettbewerbsfähigen Energiepreisen, Energiesicherheit und hohem Wohlstandsniveau zu einer der fortschrittlichsten und energieeffizientesten Volkswirtschaften der Welt machen.

### Vorsprung sichern bei der zukünftigen Energieversorgung

Die europaweite Liberalisierung der Märkte für Strom und Gas ist eine Voraussetzung dafür, dass sich in diesem Wirtschaftsbereich mehr Wettbewerb entfaltet. Monopole werden aufgebrochen und so Platz geschaffen für aufstrebende Wirtschaftsunternehmen, die sich im Bereich der erneuerbaren Energien und den mit Energie verbundenen Dienstleistungen engagieren. Dadurch entsteht eine Dynamik, die vor allem den privaten und industriellen Verbrauchern durch wettbewerbsfähige Preise nutzen wird. Durch die Entstehung neuer Unternehmen und die gesteigerte Forschungstätigkeit sichert sich der Wirtschaftsstandort Deutschland darüber hinaus eine weltweite Spitzenrolle und steigert so seine Wettbewerbsfähigkeit.

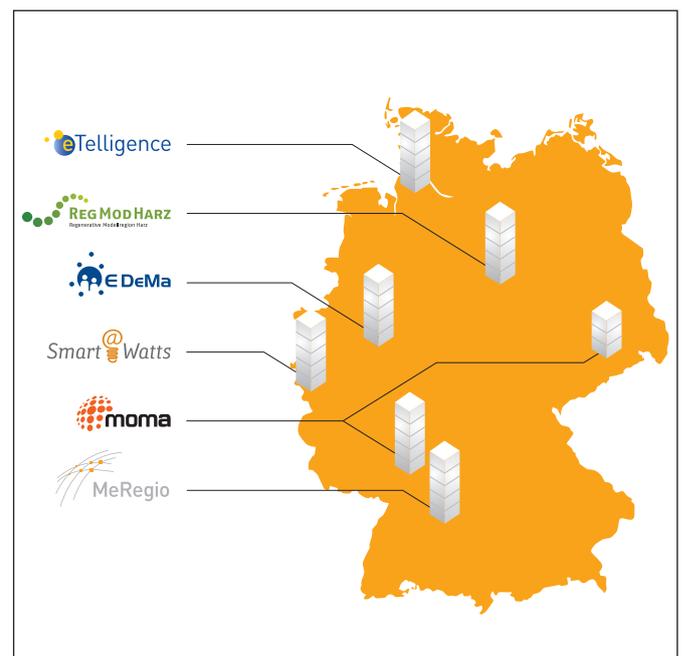
### Versorgungssicherheit im Energienetz der Zukunft

Wir wollen in Deutschland nicht von Stromimporten abhängig sein, sondern unseren Nettobedarf so weit als möglich eigenständig erzeugen können. Dabei werden die erneuerbaren Energien immer wichtiger. Doch die Umstellung auf volatile erneuerbare Energien, wie Wind- und Solarkraft, stellt neue Anforderungen an die sichere Versorgung der

Bevölkerung und der Wirtschaftsbetriebe. Die kontinuierliche Bereitstellung von Strom aus Kern- oder Kohlekraftwerken wird ergänzt und schließlich ersetzt durch einen vielfältigen Energieträgermix. Das BMWi nähert sich der Versorgungssicherheit aber auch über den Ansatz der Reduzierung des Energiebedarfs. Denn eine sparsamere und effizientere Verwendung der Energie ist der einfachste und kostengünstigste Weg, die Bereitstellung von Energie im ausreichenden Maße sicherzustellen. Deshalb sieht das Energiekonzept vor, den Stromverbrauch bis zum Jahr 2020 um 10 Prozent zu senken.

## Sechs Leuchttürme für das Internet der Energien

Mit dem Forschungsschwerpunkt „E-Energy – IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft“ erforscht und erprobt das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) BMWi in ressortübergreifender Partnerschaft mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) neue Wege, wie Stromverbrauch gesenkt und Energie effizienter eingesetzt werden kann. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Einbeziehung der erneuerbaren Energien in die Netze der Zukunft mit Hilfe neu entwickelter Systeme aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Als Leuchtturmprojekt der Bundesregierung ist E-Energy auch Teil des Aktionsplans „Green IT-Pionier Deutschland“.



Diese sechs Modellregionen entwickeln Lösungen für das IKT-basierte Energiesystem der Zukunft.

Seit 2008 und noch bis 2013 erforschen und erproben Industrie- und Wissenschaftskonsortien in sechs Smart-Energy-Regionen den Einsatz von IKT im Energiebereich. Zudem werden Querschnittsthemen wie z. B. zielführende Gesamtarchitekturen, Geschäftsmodelle, rechtliche Rahmenbedingungen, Datenschutz und -sicherheit oder die Standardisierung projektübergreifend mit Unterstützung durch eine speziell dafür beauftragte Begleitforschung bearbeitet. Das Gesamtvolumen dieser Projekte beträgt etwa 140 Mio. Euro, dazu steuert das BMWi 40 Mio. Euro und das BMU 20 Mio. Euro an Fördermitteln bei. Den Rest tragen die Modellkonsortien selbst.

**Vom Konsumenten zum Prosumer**



Das Projekt E-DeMa erforscht eine intelligente Verbrauchssteuerung sowie eine zeitnahe Verbrauchsdatenerfassung

und -bereitstellung. Der regionale E-DeMa-Energiemarktplatz dient als zentrale Datendrehscheibe sowohl für Verbrauchs- als auch für Vertragsdaten. Die Projektpartner entwickelten gemeinsam praxisingerechte Lösungen für ein Erzeugungs- und Verbrauchsmanagement über Haus-, Netz- und Marktapplikationen. Im Fokus steht dabei der kostenorientierte Einsatz von dezentralen Kleinerzeugern, wie Kraft-Wärme-Kopplung, sowie von elektrischen Haushaltsgeräten. Im Zuge von E-DeMa konnten auch Geschäftsprozesse der klassischen Energieversorgung verbessert werden. Beispielsweise konnte der Lieferantenwechsel, der nun automatisiert über den Marktplatz erfolgt, von mehreren Wochen auf zwei Tage verkürzt werden. Zudem lassen sich durch die vom Marktplatz zur Verfügung gestellten Stromprodukte zehn Prozent des

Verbrauchs in Schwachlastzeiten verlagern und Lastspitzen reduzieren. Diese Flexibilität der Verbraucher kann zum internen Ausgleich von Bilanzkreisen auf Verteilnetzebene genutzt werden.

Im Rahmen von E-DeMa wurden für den Feldtest 14 Mikro-Blockheizkraftwerke ( $\mu$ KWK) installiert, die bei Bedarf als dezentrale Kleinerzeuger zugeschaltet werden und über den Marktplatz zu handelbaren Erzeugungsmengen aggregiert werden können. Außerdem wurden über 1.500 Haushalte und Gewerbebetriebe mit IKT-Gateways ausgestattet, die es den Verbrauchern erlaubten, aktiv am E-DeMa-Marktplatz teilzunehmen. Neben Erzeugungsmengen können am Marktplatz auch verschiebbare Lasten als Flexibilitäten aggregiert und vermarktet werden. Damit verschmelzen die klassischen Rollen von Energieverbraucher und -erzeuger im Rhein-Ruhr-Gebiet zum „Prosumer“ – der nicht nur Energie verbraucht sondern auch als Erzeuger und Bereitsteller von Flexibilitäten am Markt teilnimmt.

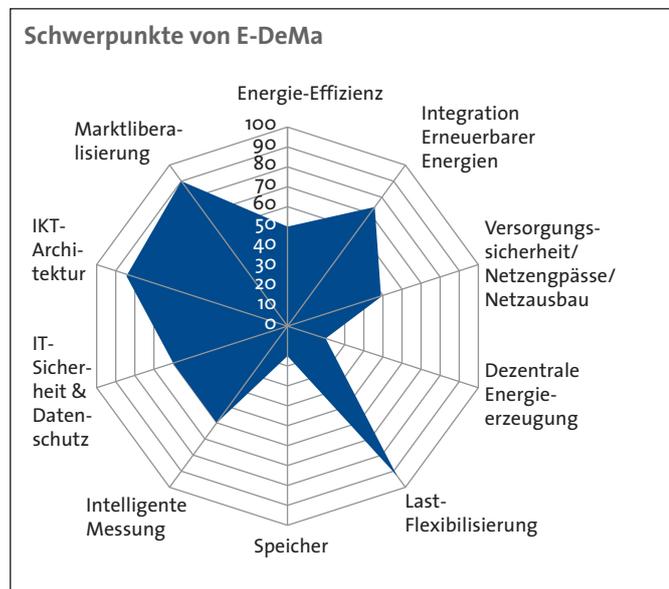
**Den Wind einfrieren**



In der Region Cuxhaven testet das Projekt eTelligence ein komplexes Regelsystem

zur Ausbalancierung der Fluktuation von Windenergie, das den Strom intelligent in die Netze und in einen regionalen Markt integriert. Kern von eTelligence ist ein regionaler Strommarktplatz, der Erzeuger, Verbraucher mit verschiebbaren Lasten, Energiedienstleister und Netzbetreiber zusammenführt. Dabei wird nicht nur die Versorgungssicherheit aus erneuerbaren Energien erhöht, sondern auch die Wirtschaftlichkeit verbessert.

Eine besondere Herausforderung ist dabei die im Zuge eines einjährigen Feldtests erprobte Integration des Marktplatzes in die bestehenden Geschäftsprozesse des übergeordneten Energieversorgungssystems. Für die Dauer des Feldtests waren die teilnehmenden Akteure dabei sowohl dem Vermarktungs- und Preisrisiko als auch dem Prognoserisiko ausgesetzt. Am Marktplatz agieren zwei Kühlhäuser, ein Windpark, das Stadtbad Cuxhaven, eine Kläranlage sowie ein Blockheizkraftwerk. Diese können flexibel entweder individuell oder als virtuelles Kraftwerk angeschlossen werden und sind damit in Summe ähnlich steuerbar und vorhersehbar wie ein konventionelles Kraftwerk. Dabei können insbesondere steuerbare Einheiten (z. B. Erzeuger mit Kraft-Wärme-Kopplung oder schaltbare Lasten) Flexibilitäten bei der Stromerzeugung für den Markt bereitstellen.



## UNTERSUCHUNGSFELDER VON E-ENERGY (ACHSENBSCHRIFTUNGEN DER ÜBERSICHTSGRAFIKEN)

E-Energy hat viele Dimensionen. Die Modellprojekte untersuchen, wie sich mit IKT der Technikbetrieb und die Marktmechanismen der Energiewirtschaft effektiv und effizient gestalten lassen. Sie legen dabei unterschiedliche Schwerpunkte, wie sich an den Grafiken bei der Projektbeschreibung ablesen lässt. Die Achsen der Grafiken bedeuten dabei:

### 1. Energie-Effizienz

Forschungsmaßnahmen, die dem effizienteren Einsatz gegebener Ressourcen dienen können, z. B. dynamische Tarife, Preissignale zur Steuerung von Geräten, Home-Automation-Technologien etc.

### 2. Integration Erneuerbare Energien

Forschungsmaßnahmen zur Integration regenerativer Energien in den Strommix

### 3. Dezentrale Energieerzeugung

Entwicklung von Lösungen zur Einbindung kleinerer, dezentraler Erzeuger (z. B. private PV-Anlagen, BHKW, etc.) bzw. Bündelung mehrerer Erzeuger zu virtuellen Kraftwerken/Systemen

### 4. Versorgungssicherheit/Netzengpässe/Netzausbau

Forschungsmaßnahmen, welche die Sicherstellung einer zukünftigen Energieversorgung unter Einbeziehung regenerativer Erzeuger auf verschiedenen Spannungsebenen zum Ziel haben, sowie Maßnahmen, die zukünftige Investitionen zur Vermeidung von Netzengpässen bzw. Netzausbau betreffen

### 5. Marktliberalisierung

Forschungsmaßnahmen und Untersuchungen, die einen zukünftigen freien Energiemarkt simulieren oder testen – auch unter Berücksichtigung von Energie-Import/-Export und innovativen Marktplattformen

### 6. Speicher

Ansätze zur Integration von Energiespeichern innerhalb virtueller Systeme

### 7. Last-Flexibilisierung

Untersuchungen zu Möglichkeiten der Lastverschiebung bzw. Glättung des Lastprofils durch (intelligente) Steuerung der Verbraucher

### 8. IT-Sicherheit & Datenschutz

Entwicklung von Maßnahmen zum Schutz erhobener (gemessener) Daten gegen Veränderung, Verlust und Diebstahl

### 9. IKT-Architektur

Untersuchungen zu Modellen und zu grundlegenden technologischen Fragen von Infrastruktur, Management und Schnittstellen sowie zum Zusammenspiel von Funktionen in einem zukünftigen Smart Grid (Insbesondere Smart Meter, IKT-Gateway, Energiemanager, Schnittstellen zu Marktplätzen, Protokolle etc.)

### 10. Intelligente Messung

Forschungsmaßnahmen, die den Einsatz intelligenter Messsysteme (z. B. Smart Meter) betreffen

### 11. e-Mobility

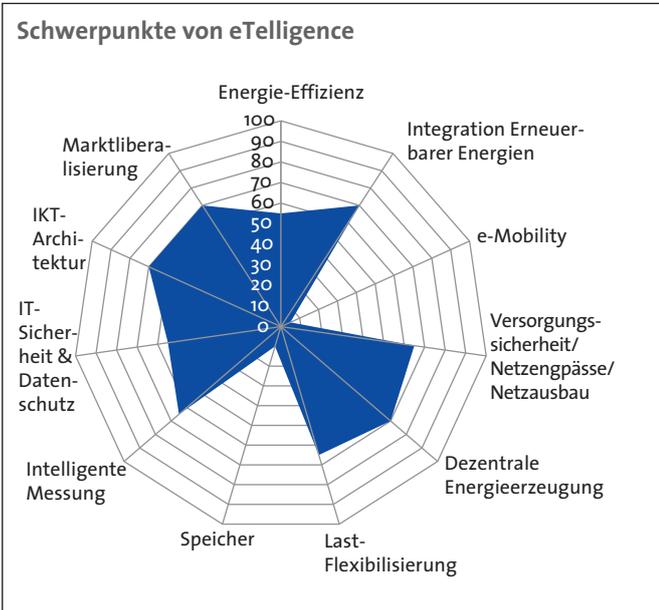
Forschungsmaßnahmen/Simulationen, die die Integration von Elektromobilen in ein zukünftiges Smart Grid berücksichtigen. (Sofern diese Untersuchungen ausschließlich in einem Schwesterprojekt des Programms IKT für Elektromobilität erfolgten, sind sie hier nicht dargestellt.)

eTelligence konnte nachweisen, dass gerade thermisch-elektrische Energiesysteme wie Kühllhäuser und Blockheizkraftwerke sehr gut als Energiespeicher genutzt werden können: In Zeiten, in denen viel Wind zur Verfügung steht, kühlt das Cuxhavener Kühlhaus seine Temperatur herunter und schafft sich einen Kältepuffer. In Zeiten hoher Strompreise werden die Kühlaggregate abgeschaltet. Unter Ausnutzung des zuvor aufgebauten Kältepuffers kann das Kühlhaus dann für einige

Tage mit erheblich geringerer Stromaufnahme betrieben werden. Über das Jahr gesehen ist dadurch eine deutliche Verringerung der Strombezugskosten möglich.

Zusätzlich haben über 650 Haushalte Smart Meter auf Alltagstauglichkeit getestet. Anhand verschiedener Feedbacksysteme (iPod-App, Portal, monatliche gedruckte Information) konnten die Teilnehmer den eigenen Stromverbrauch

**Schwerpunkte von eTelligence**



und damit die Stromkosten sowie die CO<sub>2</sub>-Emission im Blick behalten und ihr Verbrauchsverhalten analysieren.

**Gemeinsam zu minimalen Emissionen**

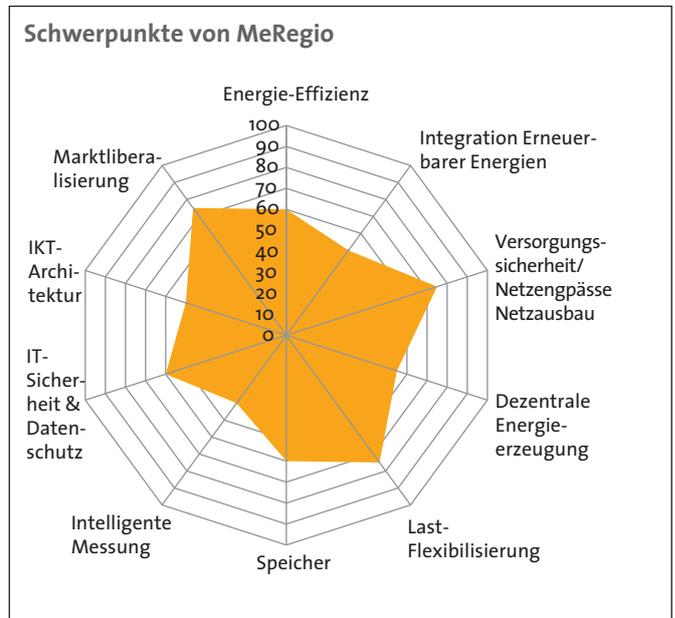


1.000 Stromkunden in Freiamt im Schwarzwald und in Göppingen testen das „intelligente Haus“ im Rahmen des

Projekts MeRegio. Dabei werden die Energieerzeugung und der Energieverbrauch aufeinander abgestimmt, um mit Hilfe von lokalen Lastverschiebungspotenzialen die vorhandene Energie möglichst effizient zu nutzen. Hierzu wurden nicht nur intelligente Tiefkühler und Geschirrspüler, sondern auch stationäre Batterien und Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen angeschlossen und optimiert. Bei der Optimierung wurde die Eigenerzeugung der Verbraucher mit einbezogen, so dass für den Kunden ein optimales Ergebnis am Ende steht. Zur Visualisierung werden Anwendungen für den Verbraucher getestet, die ihm gezielte Hilfestellung beim Energiemanagement bieten. Ein Beispiel ist das Stromradar als iPhone-Applikation: Es zeigt den aktuellen Energieverbrauch im Sekundentakt an und schafft damit Transparenz beim Verbraucher – auch wenn gerade kein PC in der Nähe ist. Damit der Erfolg der Region auch für die Bürger nachvollziehbar wird, arbeitet das Projekt darüber hinaus an einer allgemeingültigen Zertifizierung zur „Minimum-Emission-Region“.

Kritische Netzzustände, die durch die fluktuierende Einspeisung von Energie, aber auch durch neue Marktsignale hervorgerufen werden können, lassen sich mittels automatisierten Demand-Side-Managements überwinden. Das zeigt ein Feldtest in Freiamt, bei dem sogenannte Steuerboxen in den Haushalten installiert wurden. Diese erhalten, abhängig von den Netzparametern, Preis-, Effizienz- oder Prioritätssignale und können so die intelligenten Hausgeräte entsprechend steuern. Stromintensive Tätigkeiten können dann entsprechend vorgezogen oder verschoben werden. Die Erhöhung der Versorgungssicherheit und die Entlastung der Netze können so durch Marktmechanismen erreicht werden.

**Schwerpunkte von MeRegio**



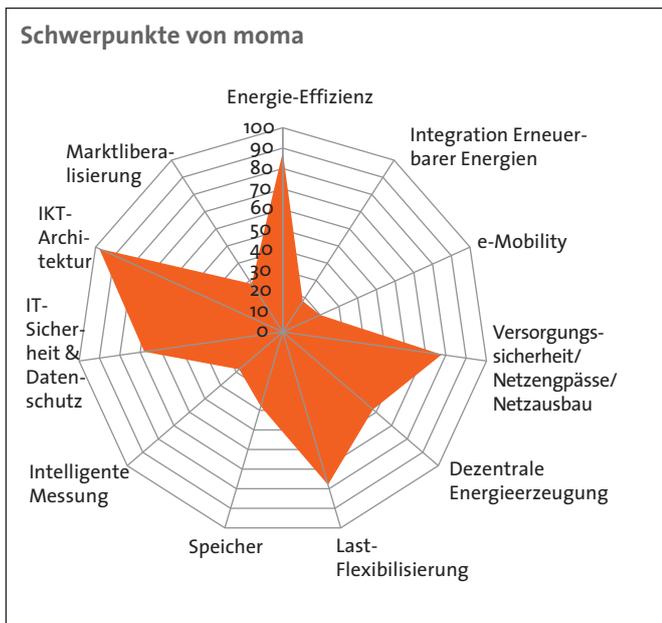
**Zellen für die Sicherheit**



Um intelligente Haushaltsgeräte sinnvoll zu nutzen, ist es wichtig, ihnen entsprechend den Netzparametern die wesentlichen Informationen und Signale

zukommen zu lassen. Dazu wurden in einem Feldtest in bislang 200 Haushalten neue Steuerungsgeräte, die Energiebutler, eingebaut. Dieses Energiemanagementsystem hilft Stromkunden ihren Verbrauch an den variablen Preisen des Energiemarktes auszurichten. Der Energiemanager kann Verbrauchsgeräte ansteuern und entscheidet selbständig, wann ein Gerät ein- oder ausgeschaltet wird. Als wichtigste Größe spielt dabei der aktuelle Strompreis für ihn eine Rolle. So schafft er es, die Geräte nur dann anzustellen, wenn es aus monetärer Sicht für den Verbraucher am sinnvollsten ist, aber auch Netzbedürfnisse können in die Optimierung mit

einberechnet werden. Gerade Geräte mit variablen Nutzungszeiten, wie beispielsweise Waschmaschinen oder Tiefkühltruhen, können so kostensparend betrieben werden.



Für die Verbraucher steht vor allem die Transparenz im Vordergrund. Denn durch den Energiebutler werden sie permanent über ihren aktuellen Stromverbrauch auf dem Laufenden gehalten. Aber auch ökologische Gesichtspunkte, wie etwa die Verminderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen oder der Ausbau alternativer Energien, spielen eine wichtige Rolle bei der Entscheidung, sich ein Energiemanagementsystem ins Haus zu holen.

Im E-Energy-Projekt Modellstadt Mannheim wurde erstmalig eine gesamte Systemarchitektur zur Verbindung von Haushalten und Gewerbebetrieben mit energienutzenden und -gewinnenden Geräten hergestellt. Damit lassen sich Aussagen für die Zukunft treffen, inwieweit eine solch dienstorientierte Lösung auch im Regelbetrieb in Bezug auf Echtzeitfähigkeit und Skalierbarkeit realisierbar ist. Des Weiteren lag ein Fokus bei der Entwicklung der Systemarchitektur auf „security by design“. Entstanden ist ein zellenartiges Energiesystem, in dem der Ausfall einer Zelle das Gesamtsystem nicht notwendigerweise beeinträchtigt, so dass die Versorgungssicherheit erhöht ist.

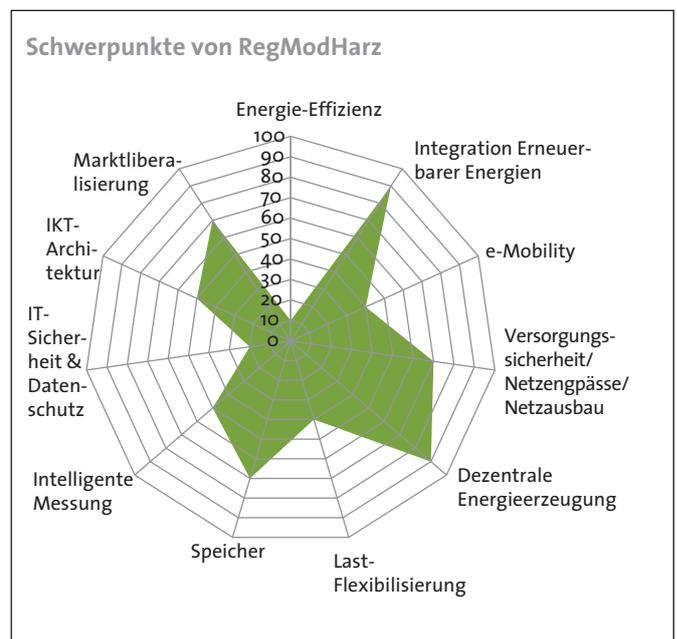
### Eine Region als virtuelles Kraftwerk



Die Modellregion im Harz setzt sich schwerpunktmäßig mit der gebündelten Vermark-

tung der regional vorhandenen erneuerbaren Erzeuger und Flexibilitäten, die zu einem virtuellen Kraftwerk zusammengefasst werden, auf unterschiedlichen Märkten auseinander. Dafür wurde eine Erweiterung des IEC-61850-Standards entwickelt, die eine einfache und sichere Anbindung von Anlagen an eine Leitwarte ermöglicht. Mit diesem neu entwickelten generischen Datenmodell kann eine automatisierte Einbeziehung von Anlagen in das Energiemanagement bewerkstelligt werden.

Mit dem „innovativen Regionale-erneuerbare-Energien-Tarif“, der im Rahmen des Projekts geschaffen wurde und im Feldtest erprobt wird, können die Verbraucher im Harz regionalen Strom aus erneuerbaren Energiequellen wie Wind, Sonne oder Biogas beziehen. Der Tarif ist an der Minimierung der Residuallast innerhalb der Region orientiert, so dass die Kunden aktiv zur Ausbalancierung von Erzeugung und Verbrauch beitragen können. Er wird durch ein Energiemanagementsystem und smarte Haushaltsanwendungen teilweise automatisch verarbeitet. Regionalstrom dient im Harz zudem als Instrument zur Kundenbindung und Identifikation mit der heimischen Energieversorgungsstruktur. So wird auch die Akzeptanz dezentraler Erzeugungseinheiten wie Windparks gesteigert. Eine Online-Plattform bietet bei RegModHarz die Möglichkeit, Informationen über den Tarif und die



aktuelle, die vergangene und die zukünftige Erzeugung von erneuerbarem Strom zu analysieren und zu beziehen.

Auch im Harz konnte gezeigt werden, dass durch Wind-Kurzfristprognosen der Speicherbedarf der Energie reduziert werden konnte. Lastverschiebungen auf Verbraucherseite helfen dabei, die Spannungsregulierung im Verteilnetz zu verbessern und Prognosefehler auszugleichen. Die neu entwickelte Rolle des Poolkoordinators, der den dezentral erzeugten Strom bündelt und vermarktet, gewinnt eine zentrale Bedeutung in den neuen Märkten.

### Die intelligente Kilowattstunde



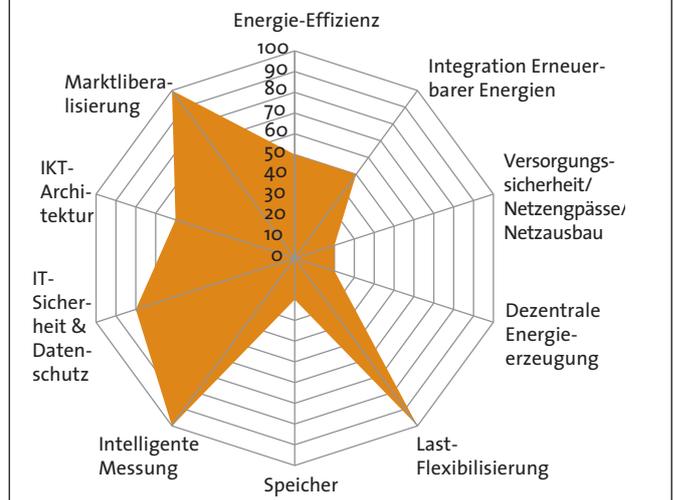
Ziel des Smart Watts-Systems ist ein unbundling-konformes Informations- und Steuerungsmodell für das Energiesystem, bei dem

den Marktakteuren zeitnah Istdaten der Erzeugung und des Verbrauchs zur Verfügung stehen. Somit kann über ein intelligentes Versorgungsmanagement die übergreifende Steuerung und Optimierung des Energieportfolios (die sogenannte Ende-zu-Ende-Optimierung) erfolgen. Der Ausgleich erfolgt neben den konventionellen Methoden des Portfoliomanagements auch durch direkte Beeinflussung der Erzeugung und des Verbrauchs. Dies ermöglicht, die Verfügbarkeit, aber auch die Schwankung in der Erzeugung der erneuerbaren Energien optimal zu nutzen.

Durch das anreizbasierte System werden Einspeisung und Verbrauch, Angebot und Nachfrage gezielt beeinflusst. Der Preis für Erzeugung und Verbrauch wird entsprechend vorgegebenen Regeln dynamisch gestaltet und an die jeweiligen Endgeräte gesendet. Im Smart Home bietet die intelligente Kilowattstunde dem Verbraucher über die Führungsgröße Preis einen Anreiz, seinen Energieverbrauch (manuell oder automatisiert) in günstige Zeiträume zu verlagern – bei gleichbleibendem Komfort. Die mittels Smart Meter erhobenen Verbrauchsdaten sind Grundlage für variable Tarife und werden mit einem flexiblen Abrechnungs- und Reportingsystem abgerechnet und transparent gemacht. Damit können Angebote gestaltet werden, die energiesparendes Verhalten anregen.

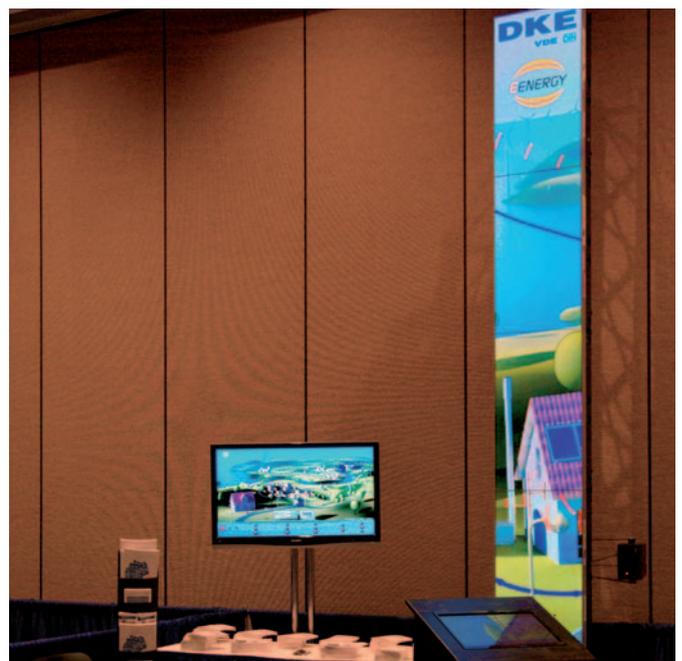
Mit Hilfe des offenen Standards EEBus wird die notwendige Vernetzung des Haushalts mit den Informations- und Steuerungssystemen sichergestellt. Die damit bereitgestellten Informationen können von intelligenten Steckdosen und Haushaltsgeräten gemäß den Benutzervorgaben automa-

### Schwerpunkte von Smart Watts



tisch verarbeitet werden. Über ein modernes Visualisierungsinstrument, das iPad, erhalten die Kunden detaillierte Informationen zu ihrem Stromverbrauch. Sie können durch die „Smart Watts“-App Ihr Nutzerverhalten anpassen und zur Erhöhung der Effizienz im Energiesystem beitragen.

In einem Feldtest in Aachen wird das Zusammenspiel der verschiedenen Smart-Watts-Bausteine getestet.



E-Energy war im Rahmen der Präsenz der DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik auf dem IEC General Meeting in Seattle vertreten.

## **IKT: Schlüssel zum Umbau der Energieversorgung**

Die Konzeptphasen in den Modellregionen sind abgeschlossen. Inzwischen sind viele Bausteine eines Internets der Energien bereits realisiert und werden in umfangreichen Feldtests erprobt. Über 5.000 private Haushalte und Betriebe konnten für diese Erprobungsphase gewonnen werden, die bis Ende 2012 dauern wird. Nach ersten Auswertungen wird bereits heute klar, dass E-Energy und Smart-Grid-Technologien einen zentralen Beitrag zur Bewältigung der Herausforderungen der zukünftigen Energieversorgung leisten können. Insbesondere das zeitliche auf das Stromangebot abgestimmte Verbrauchen von Strom in Haushalten und Betrieben kann bei der Integration der erneuerbaren Energien in die Verteilnetze beitragen. Auch die ersten Versuche mit neuartigen elektronischen Marktplattformen sind vielversprechend verlaufen.

### **Vorhandene Technologien nutzen, neuen den Weg bereiten**

Mit den Technologien von heute und neuen Ansätzen zu deren Nutzung wird in allen E-Energy-Modellprojekten untersucht, wie die Volatilität der erneuerbaren Energien von einem Nach- in einen Vorteil verwandelt werden kann. Der IKT-optimierte Betrieb der Verteilnetze, die Vernetzung von Konsumenten und Produzenten sowie neue Marktplätze und Geschäftsszenarien stehen dabei im Vordergrund des Interesses. Diese neuen Informations- und Kommunikationstechnologien werden den Weg zu einem „Internet der Energie“ ebnet, in dem dezentrale Produzenten mit den Stromnetzen und den Verbrauchern kommunizieren – im technischen Sinne und als Marktteilnehmer. Um den Weg dorthin zu ebnet, werden auch die marktrollenkonforme Bereitstellung von Daten und Diensten in einem IT-sicheren Umfeld unter Anwendung aktueller und noch zu entwickelnder Rechtsrahmenbedingungen untersucht.

### **Smart Meter als Hilfsmittel für mehr Transparenz in der Energieversorgung**

Mit Hilfe der IKT wird es künftig ein aktives, „intelligentes“ Verteilnetz geben. Elektronische Messgeräte geben Auskunft über die wichtigsten Parameter im Netz. Solche Geräte werden die Daten beispielsweise an einer Ortsnetzstation oder an sorgfältig ausgewählten Punkten im Versorgungsstrang erheben. Mit diesen Informationen können dann beispielsweise regelbare Ortsnetzstationen die Stromqualität entsprechend den gemessenen Werten optimal anpassen.

Als wertvolle Helfer können intelligente Messgeräte (Smart Meter) dienen, die bei privaten und betrieblichen Verbrauchern installiert werden. Deren Aufgabe wird in Zukunft nicht mehr nur darin bestehen, Stromverbrauch und eingespeiste Strommenge zu messen, um eine Abrechnung erstellen zu können. Ein dichtes Netz solcher Messgeräte kann punktgenau Aufschluss über Strombedarf, Netzspannung und Frequenz geben. Diese zeitnahe und örtlich differenzierte Information bietet die Grundlage, um Erzeugung, Netzbelastung und Verbrauch intelligent und weitgehend automatisiert aufeinander abzustimmen. Neben den intelligenten Zählern bedarf es dafür entsprechender Steuergeräte und Endgeräte in Haushalten und Betrieben, die beispielsweise durch Preisanreize dazu gebracht werden, ihren Verbrauch temporär zu drosseln oder zu erhöhen. So ermöglicht die IKT den Paradigmenwechseln von der bisherigen verbrauchsorientierten Stromerzeugung hin zu einem erzeugungs-optimierten Verbrauch.

## **Architekturmerkmale eines Internets der Energie**

Damit die erneuerbaren Energien die wichtigste Energiequelle werden, muss das gesamte System von Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Verbrauch von Strom intelligenter werden. Das Internet der Energie vernetzt die vielen Akteure des Energiesystems. Jedes Gerät, das an das Stromnetz angeschlossen ist, wird im Sinne von Plug & Play in das Regelsystem aufgenommen. Die Verbindung zum Gesamtsystem wird dabei durch Geräte hergestellt, die Energiemanager, Kommunikationsmanager, Steuerbox oder IKT-Gateway heißen. Sie werden mit den notwendigen Informationen versorgt und helfen mit, dass Erzeugung, Netzbelastung und Verbrauch weitgehend automatisiert aufeinander abgestimmt werden. So entsteht ein integriertes Daten- und Energienetz mit völlig neuen Strukturen und Funktionalitäten.

### **Intelligente Stromerzeugung**

Mit der stark steigenden Zahl dezentraler und volatiler Energieerzeuger muss die Einspeisung in das Netz neu überdacht werden. Eine konkrete Herausforderung stellen mancherorts schon heute die am Niederspannungsnetz angeschlossenen Photovoltaikanlagen dar. Tritt die Sonne hinter den Wolken hervor, beginnen viele Anlagen gleichzeitig mit hoher Leistung in das Netz einzuspeisen. Dadurch steigt die Frequenz und nach bisheriger Vorgabe müssten einige Erzeugungsanlagen mit Anschluss am Niederspannungsnetz bei Erreichen einer Netzfrequenz von 50,2 Hz automatisch abschalten.

Da dies aber viele Anlagen erkennen und gleichzeitig abschalten, kann die Systemstabilität ernsthaft gestört werden. Zwar wurden in Anbetracht dieses Problems in der Zwischenzeit neue technische Vorschriften erstellt, allerdings wird es sich in Zukunft noch verstärken und durch Optionen, die durch das Internet der Energie entstehen, eleganter gelöst werden können. Die dafür notwendigen intelligenten Wechselrichter wurden schon entwickelt. Nun gilt es, sie über entsprechende Kommunikationsmodule mit den anderen Teilnehmern des Gesamtsystems und den entsprechenden Regelsystemen zu verbinden. Von großer Bedeutung ist auch die Möglichkeit, dezentrale Erzeuger wie Mikro-Blockheizkraftwerke zeitgenau zuzuschalten. Sind sie über Kommunikationseinheiten mit dem Gesamtsystem verbunden und können z. B. dann eingeschaltet werden, wenn die Sonne wieder hinter den Wolken verschwindet.

### Intelligenter Netzbetrieb

Das gewachsene System aus Übertragungs- und Verteilnetzen ist durch ein hohes Maß an Zuverlässigkeit gekennzeichnet. Dezentrale Erzeugungsanlagen einerseits und neuartige Verbraucher wie die Ladestation für die Elektromobilität andererseits stellen die Netze aber vor Herausforderungen, die mit den bisherigen Netzbetriebsmitteln kaum zu beherrschen sind. Um die Netze optimal zu nutzen und unkontrollierbaren Zuständen vorzubeugen, brauchen die Netzbetreiber viel mehr Informationen. Und zwar zeitgenau und von vielen Punkten im Netz. Diese Informationen werden in Zukunft von Messgeräten geliefert, die an geeigneten Stellen



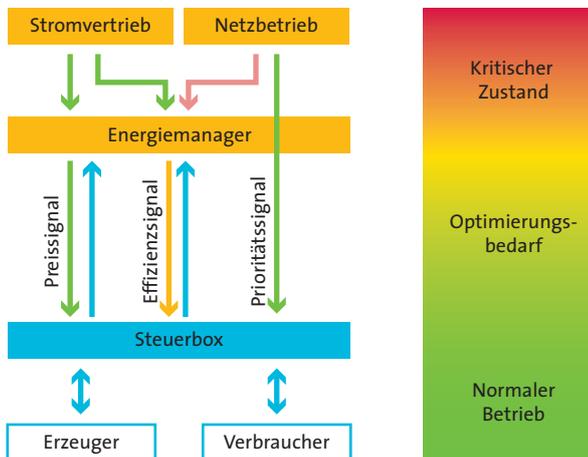
im Netz platziert sind. Teilweise können dies die intelligenten Zähler in Haushalten und Betrieben sein, teilweise sind es speziell dafür entwickelte Geräte, die entlang der Versorgungsstränge der Verteilnetze kontinuierlich die wichtigsten Netzparameter messen und an die Steuerzentralen melden. Von dort können dann sowohl intelligente Ortsnetzstationen angesteuert als auch Preis- und andere Steuersignale an die Erzeugungs- und Verbrauchsgeräte gesendet werden. Um effiziente und kostengünstige Steuerungsmaßnahmen planen zu können, braucht das Internet der Energie Prognose-systeme, die zuverlässige Aussagen über Erzeugung und Verbrauch treffen können.

### Intelligente Verbraucher

Verbraucher werden dann smart oder intelligent genannt, wenn sie sich optimal an das aktuelle Angebot im Netz anpassen können. Über intelligente Kommunikationseinrichtungen sind sie mit dem Gesamtsystem verbunden. Diese Geräte – im E-Energy-Projekt momentan nennt man sie treffend Energiebutler, andere nennen sie Steuerboxen (MeRegio) oder IKT-Gateways (E-DeMa) – erhalten Informationen über aktuelle Preise, den Erzeugungsmix oder die Zustände im Netz und können abhängig davon Endgeräte ein- oder ausschalten. Wobei ihre Intelligenz so weit reichen muss, dass sie Geräte nur dann ansteuern, wenn deren Betriebszustand dies sinnvoll erlaubt. Insofern wird es im Internet der Energie harte Steuersignale nur für extreme Ausnahmezustände geben. Ansonsten erhalten die Steuergeräte gewissermaßen Angebote, die sie annehmen, aber auch ablehnen können. Dieses sogenannte Demand-Side-Management unterliegt damit Marktregeln, wie sie über die ebenfalls im Rahmen von E-Energy entwickelten elektronischen Marktplattformen abgebildet werden. Wie die Modellprojekte zeigen, sind nicht



### Steuersignale für Erzeuger und Verbraucher von Strom



Einige in E-Energy entwickelte Funktionen lassen sich generisch in die Begriffe „Zellenmanagement“ und „Objektmanagement“ fassen. Zusammen bilden sie das „smarte Energiemanagement“. Das Zellenmanagement erhält vom Stromvertrieb z. B. aktuelle Strompreise (für Erzeugung und Verbrauch), vom Netzbetrieb Informationen zum Zustand im Netz (i. d. R. mit dem Ziel, entsprechend stabilisierend zu wirken). Das Zellenmanagement bildet aus diesen (sich ggf. widersprechenden) Informationen geeignete Signale und übermittelt sie an geeignete Objekte.

Solange sich das Gesamtsystem im grünen Bereich befindet, werden Preissignale an (alle) Objekte versendet und auf dem Wege der Verhandlung (z. B. first-come-first-serve) entschieden, wer Angebote annimmt oder Anfragen befriedigt.

Bewegt sich das System im gelben Bereich, besteht also Optimierungsbedarf, können spezielle Steuersignale an geeignet Objekte übermittelt werden. Wenn es die Gerätesteuerung im Rahmen eines vorher vereinbarten und eingestellten Regimes zum aktuellen Zeitpunkt technisch zulässt, werden die Erzeuger respektive Verbraucher so geschaltet, dass sie helfen, das Netz zu stabilisieren. Ein Ziel von E-Energy ist es, zu ergründen, ob es solche Steuersignale braucht oder sich alles über Preissignale abbilden lässt.

Befindet sich das System im roten Zustand, übermittelt das Netz spezielle Anforderungen an das Energiemanagement. Diese werden – ohne weitere Optimierungsalgorithmen, aber auf den gleichen Kommunikationswegen wie die anderen Signale – als Prioritätssignal an unterbrechbare bzw. startbare Erzeuger und Verbraucher weitergegeben.

alle Endgeräte gleichermaßen geeignet, ihren Verbrauch überhaupt bzw. kostengünstig zeitlich anzupassen. Großes Potenzial bieten generell Anlagen in Betrieben, z. B. große Kühlhäuser, Kläranlagen oder Blockheizkraftwerke. Im privaten Bereich sind es vor allem Wärmepumpen, in bestimmtem Umfang die Kühlgeräte und Klimaanlage sowie in Zukunft die Ladepunkte für Elektrofahrzeuge (bzw. Batterien im Allgemeinen), die ihren Verbrauch im Rahmen von einigen Stunden bzw. Tagen verschieben können.

### Integration der Elektromobilität

E-Energy schafft mit seinen neuen IKT-Lösungen auch die Grundlage für die intelligente Integration der Elektromobilität in das Gesamtsystem der Energieversorgung. Fahrzeuge können über das Internet der Energie melden, wo sie sich gerade befinden, wie stark die Batterie aufgeladen ist und zu welchem Zeitpunkt sie einen bestimmten Ladezustand haben soll. Der Besitzer kann einstellen, dass z. B. zu möglichst geringen Kosten oder generell nur mit „grünem Strom“ geladen werden soll. Und wenn der Besitzer der Batterie es zulässt, können die Systeme von E-Energy sogar dafür sorgen, dass der Strom aus der Batterie zur Deckung von Bedarfsspitzen in das Netz zurückgespeist wird.

### Intelligente Speicherung

Mit stationären oder den Batterien in Elektrofahrzeugen können Leistungsspitzen, wie sie z. B. durch PV-Anlagen entstehen, abgebaut werden. Das Stromversorgungssystem der Zukunft benötigt aber nicht nur den kurzzeitigen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch, wie er durch solche dezentralen Speicher oder die Methoden des Demand-Side-Managements erreicht werden kann. Um Windflauten und Tage ohne Sonnenschein über einen längeren Zeitraum überbrücken zu können, muss aus erneuerbaren Quellen gewonnene Energie auch über längere Zeiträume gespeichert werden können. Die Kapazität heimischer Pumpspeicher ist für diese Zwecke zu gering. Mit weiteren Technologien wie Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff oder Methan (Power2Gas & Gas2Power) wird bereits experimentiert. Damit stellt sich zunehmend nicht nur die Frage, wann Strom verbraucht, sondern auch, wo und wie er gespeichert werden soll und wann er wieder in das Netz eingespeist werden muss. Informations- und Kommunikationstechnologie wird also in Zukunft auch helfen, die Speicheranlagen intelligent und wirtschaftlich optimal in das Gesamtsystem einzubinden.

### Neue Marktplätze, neue Marktfunktionen, neue Produkte

Erzeuger und Verbraucher werden im Internet der Energie mehr als heute die Möglichkeit haben, sich marktkonform zu

## Interview mit Ute Urban, Teilnehmerin am Feldversuch RegModHarz

### Frau Urban, wieso nehmen Sie am Feldversuch von e-mobility teil?

An der Hochschule Harz war ich für die Nachhaltigkeitsbewertung für das Projekt RegModHarz mitverantwortlich. Dadurch bin ich in den Kontakt mit dem Schwesterprojekt e-Mobility gekommen, welches die Aspekte der Elektromobilität in der Region erforscht. Außerdem möchte ich dazu beitragen, dass Elektroautos eingeführt und weiterentwickelt werden, so dass sie für einen breiten Markt interessant werden.

Ich bin der Meinung, dass wir alle versuchen müssen die Energieversorgung umzustellen, um unabhängiger von fossilen Brennstoffen zu werden. Dass wir zu 95 % von Rohöl abhängig sind, kann kein Modell für die Zukunft sein.

### Was genau haben Sie beim Feldversuch gemacht?

Im Feldversuch wurde versucht, die Ladezeiten von Elektroautos in die Schwachlastzeiten von erneuerbaren Energien zu verschieben. Ich konnte mein Auto dabei nicht nur an der Ladesäule zu Hause laden, sondern auch an der Ladesäule am Arbeitsplatz. Das hat für mich die Voraussetzung geschaffen, meine Ladezeiten überhaupt an die Lastzeiten anpassen zu können. Durch die flächendeckende Ausstattung mit Ladesäulen könnten Elektroautos auch als mobile Stromspeicher verwendet werden und Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung stellen, wenn akuter Strombedarf herrscht.

### Woher wissen Sie, wann sogenannte Schwachlastzeiten sind?

Jeden Tag werden um 11 Uhr die Preise an der Strombörse für den nächsten Tag festgelegt. Darüber wurden wir per SMS



benachrichtigt. Wichtigster Indikator war dabei der Preis. Leider funktioniert das Ganze bisher noch theoretisch, da die nötigen Tagesstarife nicht zur Verfügung stehen. Bei einer der Ladesäulen kam die Preisinformation sogar automatisch. Bei dieser Ladesäule konnte ich beim Anstecken an die Ladesäule den Ladezeitraum festlegen und die Säule hat die Beladung automatisch zum günstigsten Zeitpunkt gestartet. Somit kann man sich überlegen, ob das Auto noch heute oder erst am nächsten Tag geladen werden soll. Dies gibt einem die individuelle Möglichkeit sein Ladeverhalten an die unterschiedlichen Preise zu koppeln und den günstigsten Tagesstarif auszuwählen. Prinzipiell besteht aber auch die Möglichkeit, einfach festzulegen, wann das Auto wieder aufgeladen benötigt wird, und die Ladesäule übernimmt die Abwicklung.

verhalten. Wer in seinem betrieblichen oder häuslichen Umfeld Strom erzeugt, ist dann nicht mehr nur Konsument sondern auch Produzent, kurz: Prosumer. Auf den zukünftigen „Marktplätzen der Energien“ werden dann nicht nur die bisher bekannten Stromverbrauchstarife angeboten. Möglicherweise wird es neue Geschäftsmodelle geben, wie etwa das Anbieten von „Least-Cost“- oder „Prepaid“-Strombezug. Hier gilt es jedoch, außerhalb von E-Energy noch einige offene Fragen zu klären. Mit Sicherheit wird es dynamische Tarife geben, bei denen man für seine Flexibilität im Stromverbrauch honoriert wird. Wenn auch wohl nicht jeder einzelne Haushalt dort den Strom aus seinen Erzeugungsanlagen und

Speichern handeln kann, so wird es auf den elektronischen Marktplätzen eine Reihe neuer Marktteilnehmer geben, die im Sinne von Agenten oder Aggregatoren dort ihre Klienten vertreten. Auf diesen Marktplätzen können auch weitere Dienstleistungen angeboten werden, zum Beispiel notwendige Prognosen zur Ermöglichung wirtschaftlichen Handelns. Oder Programme, die der Effizienzsteigerung in Haushalten und Betrieben durch intelligente Wartung und Steuerung der Energie erzeugenden und verbrauchenden Anlagen dienen. Hier berühren sich die Smart-Grid-Lösungen und die sich schnell entwickelnden IKT-gestützten Steuerungen in den Bereichen Smart Home und Smart Factory.

### Datenschutz im Internet der Energien

Das Internet der Energie lebt von Kommunikation und Transparenz. Dass der Verbraucher bei all der Transparenz nicht zu viel von sich preisgibt und die neu entstehende Infrastruktur vor schädlichen Zugriffen geschützt wird, ist ebenfalls eine Problemstellung, mit der sich die E-Energy-Modellprojekte und die Begleitforschung befassen. Die E-Energy-Fachgruppe Recht hat „Empfehlungen zum Datenschutz in Smart Grids“ entwickelt, die teilweise schon in die Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes eingeflossen sind.

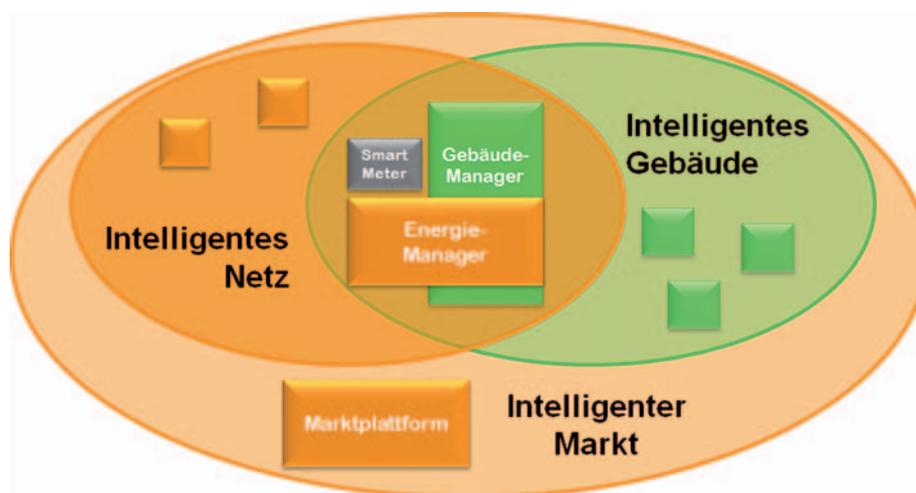
Der Schutz der personenbezogenen Daten vor unberechtigtem Zugriff wird mit Recht als eine zentrale Voraussetzung für die Akzeptanz von Smart-Grid-Lösungen angesehen. Die wichtigsten Maßnahmen für den Datenschutz sind sicherlich die Zweckbindung der Daten, die Datensparsamkeit und die Transparenz. Gespeichert werden sollen nur Daten, die notwendig sind, um die Energieeffizienz und die Steuerung des Gesamtsystems zu optimieren. Für die meisten Anwendungsszenarien werden keine personenbezogenen Daten benötigt. Unter dem Schlagwort „privacy by design“ werden IKT-Methoden und -Architekturen verstanden, in denen Daten nur in aggregierter Form und nur dort gespeichert werden, wo sie tatsächlich benötigt werden. Bei den wenigen Fällen, in denen spezifische Daten benötigt werden, muss vorher eine Anonymisierung oder eine Pseudonymisierung stattfinden. Schließlich ist es für den Anwender wichtig,

zu erfahren, welche Daten von ihm gespeichert und weitergegeben werden. Die einzelnen Anbieter müssen offenlegen, welche Informationen letztendlich gespeichert werden und an wen sie in welcher Form weitergegeben werden.

### Sichere und selbstheilende Systeme

Während die Rechte von Privatpersonen durch die beschriebenen Maßnahmen gewahrt bleiben können, gilt es, das Thema Sicherheit des Gesamtsystems noch genauer zu beleuchten. Daten ebenso wie die Steuerungsanlagen müssen vor unberechtigtem, illegalem Zugriff geschützt werden. Mit seiner Initiative zur Entwicklung eines Schutzprofils für intelligente Haushaltszähler hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie einen ersten wichtigen Schritt in Richtung Sicherheit im Smart Grid getan. Dem werden weitere folgen. Viele davon haben mit der Architektur des Gesamtsystems zu tun. Denn nicht jeder ungewollte Zustand ist auf kriminelle Handlung zurückzuführen. IKT-Geräte können ausfallen und jede Software kann Fehler enthalten. Hier gilt es, durch kluge Auslegung des Gesamtsystems eine Kapselung von Fehlerzuständen zu erreichen und dafür zu sorgen, dass einzelne Bereiche des Gesamtsystems eine Zeit lang eigenständig betrieben und Schritt für Schritt wieder in das Gesamtsystem zurückgeführt werden können. Ziel ist es und muss es bleiben, dass Stromverbraucher jederzeit auf eine gesicherte Versorgung vertrauen dürfen.

### Berührungspunkte von Smart Grid und Smart Home



Smart Meter und Energiemanager verbinden das intelligente Netz und den elektronischen Marktplatz mit der Automatisierung von privaten und gewerblichen Liegenschaften.



## E-ENERGY: ERSTE ERKENNTNISSE UND ERGEBNISSE

### Energieeffizienz und erneuerbare Energien

Wer detailliert über seinen Stromverbrauch Bescheid weiß, kann gezielt anfangen diesen zu reduzieren. In den ersten Pilot-Feldtests der E-Energy-Projekte wurden Einsparungen von bis zu 5 % im Privatbereich erreicht. Im großangelegten eTelligence-Feldtest konnten sogar bereits jetzt Einsparungen von bis zu 10 % erzielt werden. Bei Unternehmen konnten in unterschiedlichen E-Energy-Projekten im Einzelfall bis zu 20 % Energieeinsparungen bewirkt werden.

### Transparenz durch Smart Meter und Sub-Meter

Grundlage dafür ist zuerst die Transparenz des Stromverbrauchs. Sie wird durch sogenannte Feedback-Instrumente erreicht, die den aktuellen Verbrauch sowie den Verlauf über mehrere Tage oder Wochen anzeigen können. Sie beziehen ihre Informationen von einem Smart Meter – entweder direkt oder von einem Messstellendienstbetreiber, der die Daten schon entsprechend aggregiert bzw. aufbereitet hat. Für private Haushalte kann mitunter als Feedback-Instrument das Bereitstellen von Verbrauchskurven in der Monatsrechnung ausreichen. Um Einsparpotenziale konkret zu lokalisieren, bedarf es mitunter in Haushalten, mit Sicherheit aber in Betrieben, einer genaueren zeitlichen Erfassung der Verbräuche. So werden in MeRegio Powersubmeter® eingesetzt,

die insbesondere dazu dienen, die betrachteten Unternehmen besser zu verstehen und die Potenziale der Lastverschiebung und der Energieeffizienz zu erkennen. Zudem bieten sie die Möglichkeit, den Kunden einen detaillierteren Überblick über ihre Verbräuche zu geben.

### Information plus Handlungsoptionen

Transparenz zum zeitlichen Verlauf des Stromverbrauchs allein reicht nicht aus, um zu Einsparungen zu gelangen. Stromverbraucher müssen in die Lage versetzt werden, die entsprechenden Informationen zu bewerten und daraus Handlungsmöglichkeiten abzuleiten. In den Modellprojekten erhalten die Haushalte in der Regel konkrete Beratung seitens des Stromversorgers. Bei Betrieben ist es Gegenstand einschlägiger und auch vom Staat (hier: KfW) geförderter Beratungsmaßnahmen. Sofern das Feedback für Haushalte über das Internet erfolgt, kommen auch automatisierte Effizienzhinweise zum Einsatz. Mit Mitteln der IKT ist eine detaillierte Analyse der Verbrauchskurven möglich, aus der sich konkrete Vorschläge zu Einstellungen oder Ersatzbeschaffungen für Stromverbraucher ableiten lassen. Hier gilt es allerdings, die Regeln des Datenschutzes zu beachten, die eine derartige Analyse der Verbrauchskurven nur nach Abschluss einer entsprechenden Vereinbarung erlauben.

## Interview mit Jürgen Mayer, Teilnehmer am Feldversuch MeRegio

### Warum nehmen Sie am MeRegio Feldversuch teil?

Ich bin gelernter Elektriker und habe technische Informatik studiert. MeRegio war für mich eine gute Gelegenheit, Erfahrung im Umgang mit Smart Grids zu sammeln und die Zukunft ein bisschen vorwegzunehmen. Denn was bei MeRegio derzeit erforscht wird, wird wahrscheinlich in zehn Jahren flächendeckend zur Realität werden.

### Wie sieht Ihre Teilnahme am Feldversuch aus?

Ich habe meinen Verbrauch umgestellt: Ich stelle meine Haushaltsgeräte dann an, wenn die MeRegio-Stromampel auf Grün steht. Das bedeutet, dass dann besonders günstig Strom angeboten werden kann, weil die allgemeine Nachfrage gering ist. Intelligente Hausgeräte sind hier noch einen Schritt voraus und schalten sich zu den relevanten Zeiten von selbst an.

### Für wie viele Tage können Sie denn das Preisniveau mit der Stromampel voraussehen?

Im Prinzip bekomme ich immer tagesaktuelle Daten. Mir wird angezeigt, in welcher Phase ich mich derzeit befinde und wie es in den nächsten Stunden aussehen wird. Gegen Abend kann ich dann bereits das Tarifprofil für den kommenden Tag abrufen. So wird mir beispielsweise angezeigt, dass ab 22 Uhr des folgenden Tages der Tarif Supersparstrom gilt, bei dem die Kilowattstunde für 15 Cent angeboten wird, anstatt der sonst üblichen 25 Cent. Ich kann aber auch sehen, welcher Tarif im Moment angeboten wird. So kann es sein, dass die Ampel auf grün steht, die Anzeige verrät aber, dass in 35 Minuten der Tarif teurer werden wird und die Ampel auf Rot umspringt. So könnte ich jetzt meine Geräte anstellen, würde allerdings in Kauf nehmen, dass ich nach den 35 Minuten einen teureren Tarif bezahlen muss. Auf der von mir programmierten Website Stromampel.com kann man im Internet ablesen, was die Teilnehmer am MeRegio-Feldversuch auf ihrer Stromampel sehen.

### MeRegio-Stromampel/Intelligenter Zähler

30.01.2012



### Welche Vor- und Nachteile sehen Sie für sich selbst durch die Teilnahme am MeRegio-Feldversuch?

Der Vorteil ist, dass ich nun meinen Stromverbrauch unter die Lupe nehmen und analysieren kann. Das gibt mir die Möglichkeit, verschiedene Tätigkeiten zu unterlassen, Elektrogeräte konsequent vom Netz zu nehmen und Stromfresser zu identifizieren. Durch MeRegio spare ich Geld, und zwar einfach durch die Verschiebung des Verbrauchs derjenigen Hausgeräte, die nicht unbedingt zu bestimmten Zeiten in Betrieb sein müssen. Unter dem Strich kommt dabei im Monat eine Ersparnis von ca. 43 Euro heraus. Hochgerechnet ist das eine Ersparnis von ca. 160 Euro im Jahr durch die Teilnahme an MeRegio.

Durch MeRegio gibt es nun mehr Tarife, die nicht mehr starr an Zeiten gebunden sind. Früher verbilligte sich der Tarif nur zwischen 18 Uhr und 8 Uhr. Die stetige Änderung der Tarife erfordert vom Verbraucher größere Aufmerksamkeit und mehr Sensibilität bei der Nutzung von Stromfressern im Haushalt. Hätte ich jetzt auch noch intelligente Geräte, könnte also zum Beispiel meine Gefriertruhe oder die Ladestation meines Elektroautos automatisch in das System integrieren, könnte man mit Sicherheit noch größere Einsparungen erreichen.

Der Nachteil ist, dass Strom oft erst ab 22 Uhr in der „grünen Phase“ zur Verfügung steht. Wenn man unterwegs ist oder schon im Bett, wird es hier natürlich schwierig, die Geräte anzustellen. Deswegen ist es wichtig, dass am Ausbau einer intelligenten Hausgeräte-Infrastruktur gearbeitet wird, so dass sich die Geräte dann automatisch zuschalten.

## Energiesparen durch Verbrauchsinformation

Smart @ Watts

Freitagnachmittag in einem Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung in Aachen-Burtscheid: Barbara Blum und ihr Lebensgefährte Yorck Abicht erzählen, was sich für sie geändert hat, seit sie Teilnehmer des Pilotversuchs geworden sind. Für sie hat es sich gelohnt, ihren Stromverbrauch in die Abendstunden und aufs Wochenende zu verlagern: Von 21 Uhr bis 6 Uhr sowie am Wochenende zahlen sie für ihren Strom vier Cent weniger als unter der Woche über.

„Ich versuche seitdem, die Wäsche möglichst in den günstigen Zeiten zu waschen“, erzählt Barbara Blum, „das lässt sich in der Regel auch gut einrichten.“ Auch der Geschirrspüler läuft nun öfters abends und am Wochenende. Der Geldbeutel dankt es: Die monatlichen Stromkosten sind gesunken. Außerdem ist die Abrechnung jetzt transparenter: „Die Monatsrechnung kann ich viel besser nachvollziehen als die bisherige Jahresrechnung. Vier Wochen kann man sich gut zurückerinnern und weiß dann, warum der Verbrauch einmal ein bisschen höher oder auch niedriger war als sonst“, erklärt sie.

In einem ersten Pilotversuch wurden die Kunden mit zwei individuell auswählbaren modernen Produkten versorgt, um ihre Bereitschaft und das Potenzial zur Energiereduzierung und Energieverlagerung zu untersuchen. Dabei diente als Feedback-Medium ein attraktiv aufgebautes und einfach zu bedienendes individuell geschütztes Online-Portal. Dazu wurden die bis zu viertelstündlich elektronisch ausgelesenen Zählerdaten über eine Datenschnittstelle und per GPRS in eine Datenbank bei der STAWAG übermittelt. Die Pilotkunden konnten ihre Daten dann im Internet abrufen – wahlweise als Tages-, Wochen-, Monats- oder Jahresübersicht und in unterschiedlicher Aufbereitung. Sie wurden von den Kundenberatern intensiv unterstützt. Es zeigte sich dabei, dass die Wirkung tariflicher Anreize von der Dauer der Zugehörigkeit zum Feldtest abhing; es konnte also ein „Lerneffekt“ nachgewiesen werden.

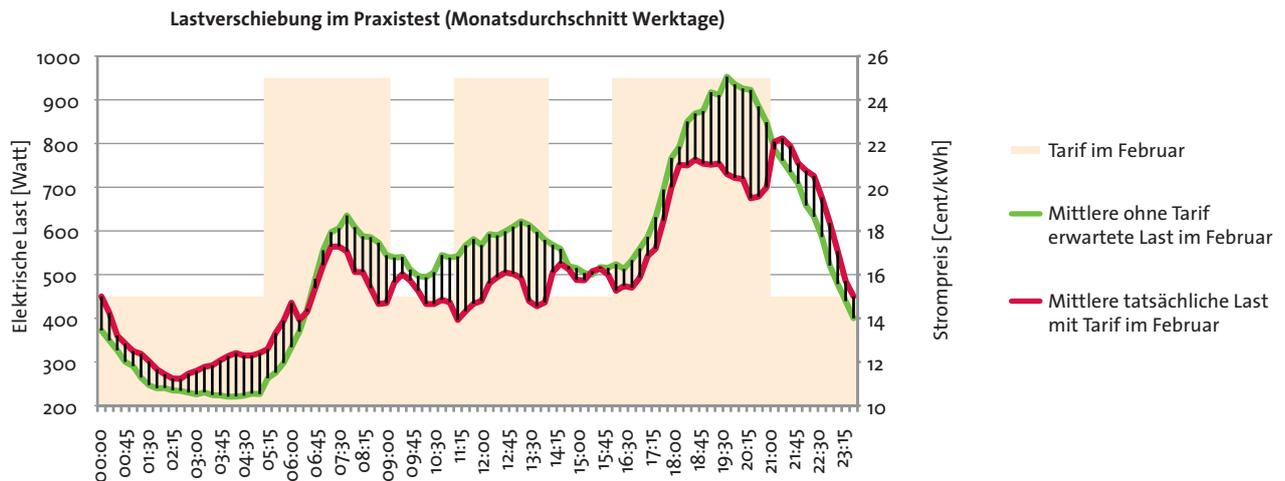


Unterstützung von intelligenten Steckdosen nur dann an, wenn der aktuelle Strompreis unter der vorher gewählten Preisschwelle liegt. Welche Preissignale versendet werden, wird mit künstlicher Intelligenz auf Basis neuronaler Netze errechnet.



Im zweiten Pilotversuch erhielten die Kunden das „Smart Watts“-System für das iPad. Das Thema Energie wird so einfach und attraktiv aufbereitet in den Alltag der Kunden integriert, ohne den Komfort zu beeinträchtigen. Mit der „Smart Watts“-App erhalten die Kunden detaillierte Informationen zu ihrem Stromverbrauch und können moderne Anwendungen nutzen, z. B. das individuelle Einstellen einer Preisschwelle für die Kilowattstunde im Rahmen des dynamischen Preismodells. Damit schalten sich große Haushaltsgeräte mit

## Lastverschiebung durch variable Tarife

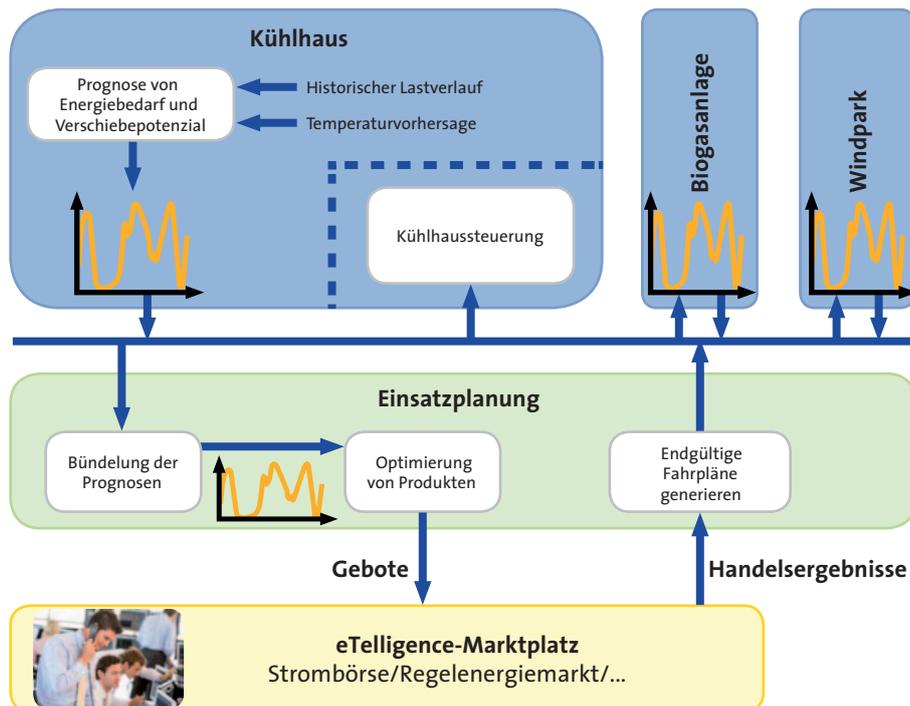


Im zweiten Feldtest in der Modellstadt Mannheim konnte gezeigt werden, dass die Verbraucher im Durchschnitt den Stromverbrauch der an das Lastmanagement angeschlossenen Geräte in Niedrigtarifzeiten verschieben. Die Auswertungsgrafik zeigt, dass der reale Verbrauch (rote Linie) in Hochtarifzeiten – vor allem in der Spitzenzeit am frühen Abend – unterhalb des prognostizierten Verbrauchs (grüne Linie) liegt, in Niedrigtarifzeiten in der Regel darüber.

Um eine weitgehende Stromversorgung auf Basis der Erneuerbaren Energien zu ermöglichen, ist die Effizienzsteigerung beim Stromverbrauch nicht das einzige Mittel. Je besser sich die Verbraucher an die Volatilität der Erzeugung anpassen, umso leichter wird die Integration der Erneuerbaren in das Versorgungssystem gelingen. Zur Stabilisierung der Verteilnetze kann dies mitunter auch verlangen, dass kurzfristig mehr Strom verbraucht wird. Zum Beispiel dann, wenn mehr Sonnenstrom erzeugt wird, als prognostiziert wurde. In E-Energy werden die diesbezüglichen Flexibilitäten von über 5.000 Haushalten und zahlreichen Betrieben untersucht. So viel lässt sich schon sagen: 5 bis 10 Prozent des Stromver-

brauchs in Haushalten lassen sich zeitlich beeinflussen. Diese Zahl erscheint gering, zumal die Testhaushalte überwiegend interessierte Einfamilienhausbesitzer sind und damit nicht dem Durchschnittshaushalt entsprechen. Nichtsdestoweniger kann dies für Verteilnetzbetreiber ein wichtiger Beitrag zur Reduktion einer lokal kritischen Netzbelastung sein. Um dieses Potenzial zu heben, bedarf es erheblicher Anstrengungen. In den Modellprojekten wurden spezielle Stufentarife und Marketinginstrumente entwickelt, um die Verbraucher durch Markimpulse zum „netzschonenden Verhalten“ zu motivieren (siehe dazu S. 33).

## Das virtuelle Kraftwerk in Cuxhaven



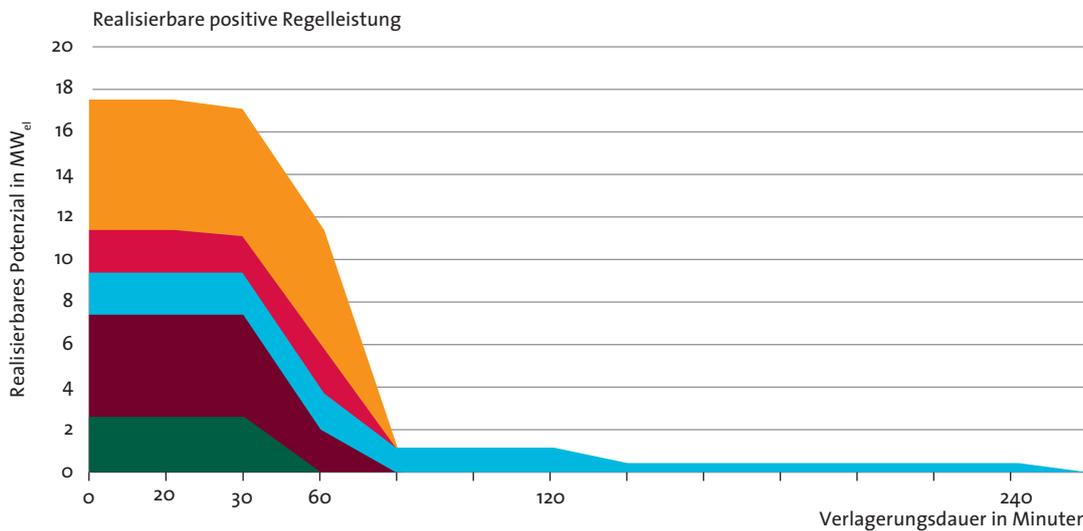
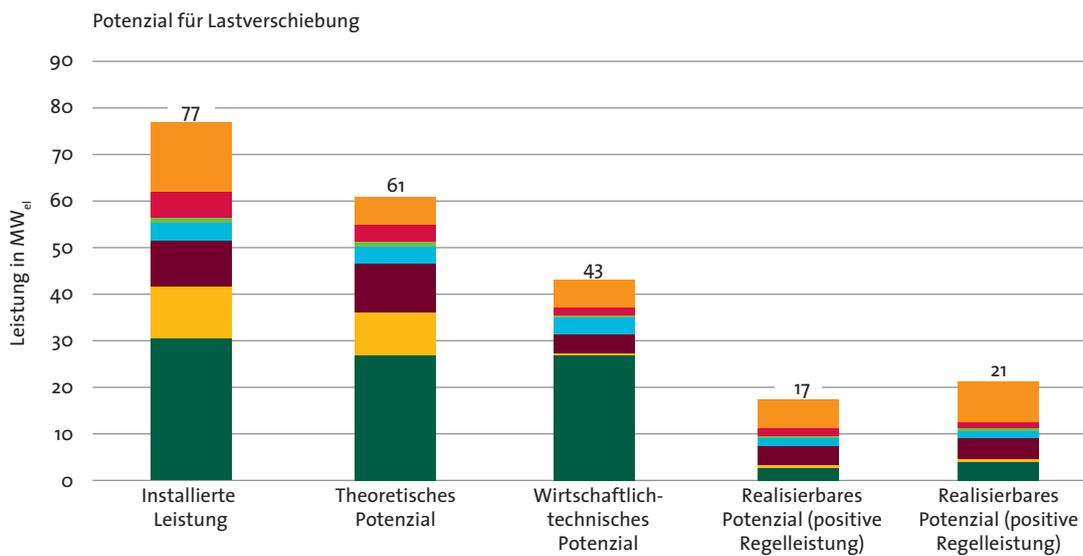
eTelligence setzt auf den ortsnahen Abgleich von Windstromerzeugung und -verbrauch in großen Kälteanlagen. Zum Einsatz kommen dabei Module, mit denen gewerbliche Energieverbraucher an ein virtuelles Kraftwerk angebunden werden können. Dieses optimiert Bezug und Verbrauch der angebundenen Anlagen und sorgt für den Ein- und Verkauf am eTelligence-Marktplatz.

Im Bereich von Unternehmen und großen kommunalen Energieverbrauchern lässt sich das Lastmanagement heute vielfach schon technisch und wirtschaftlich realisieren. Das beste Beispiel liefert die Modellregion Cuxhaven, wo sich im Projekt eTelligence die Kühlaggregate großer Kühllhäuser automatisch an den in der Region erzeugten Windstrom anpassen. Dabei werden die großen Kältespeicherkapazitäten von Kühllhäusern genutzt, um innerhalb eines Bilanzkreises der Stromversorgung ausgleichend mit der fluktuierenden und von der Prognose abweichenden Erzeugung des Windstroms umzugehen. Die Puffermöglichkeiten und die dadurch als Regelenergie verfügbaren Kapazitäten von Kühlsystemen wurden nicht nur bei eTelligence, sondern auch bei moma und MeRegio untersucht. Sie hängen von der Art der Kühlanlage und dem Einsatzgebiet ab. Aktuell kann davon ausgegangen werden, dass sich im Durchschnitt 25% der installierten Kühlkapazitäten für die Bereitstellung positiver

oder negativer Regelenergieleistung nutzen lassen. Davon allerdings nur max. 10% für eine Pufferung über mehrere Stunden oder Tage hinweg. Eine Ausnahme bilden die großen Kühllhäuser, bei denen der Feldversuch von eTelligence weit höhere Verschiebepotenziale zeigte.

Zwar können kurzfristig die meisten Verteilnetze im Zusammenspiel mit den Übertragungsnetzen und den damit verbundenen Mechanismen der Regelenergiebereitstellung mit dem aktuellen Zubau an dezentralen Erzeugungsanlagen umgehen. Aber schon jetzt zeichnen sich in einigen Regionen Engpässe ab, so dass mittel- und langfristig von einem erheblichen Ausbau- und Umbaubebedarf in den Verteilnetzen auszugehen ist. Was genau nötig ist, hängt maßgeblich von der existierenden Netztopologie, den zu erwartenden Einspeisungen sowie der Flexibilität der Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen ab.

Kühlschränke und Kühltruhen als Puffer



- Haushalt
  Prozesskälte in Industrieanwendungen
  Kühlanlagen in Kühl lagern
  Kühlanlagen im Lebensmittel-EH
- Klein- und Kleinanlagen
  Industrielle Klimatisierung
  Gewerbliche Klimatisierung

Das Modellprojekt moma hat die Potenziale von Kühlanlagen im privaten und gewerblichen Bereich untersucht. Das Ergebnis: Anders als bei den anderen Anlagen kann bei Haushaltsgeräten sowie Klein- und Kleinanlagen fast die gesamte theoretisch verschiebbare Leistung auch tatsächlich nach vorn oder hinten verschoben werden. Die untere Grafik zeigt, dass für ca. 30 Minuten fast 20% der installierten Leistung durch Abschalten oder verzögertes Einschalten als positive Regelleistung genutzt werden können. Größere Kühlanlagen können ihren Verbrauch über längere Zeit (in diesem Fallbeispiel bis zu 4 Stunden) verlagern.

### Flexible, ansteuerbare Speicher

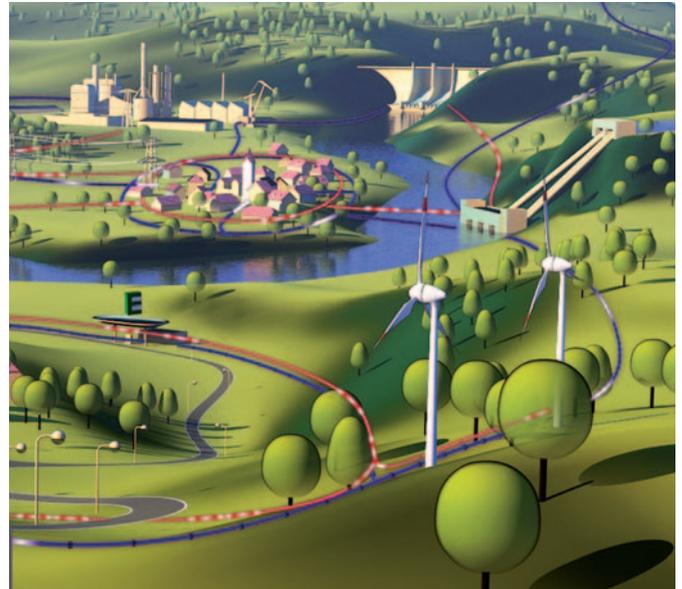
Die Tests mit den Kühlhäusern führen zu einer wichtigen Erkenntnis: Trotz guter Prognosen und einer Beeinflussung der Lasten in Echtzeit wird ein 100-prozentiger örtlicher und zeitlicher Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch nicht möglich sein. Deshalb wird es im Energiesystem der Zukunft mehr Speicher geben müssen als heute. Eine Technologie allein wird nicht ausreichen, da sie Pufferfunktionen zwischen wenigen Sekunden und vielen Tagen bis hin zu Wochen übernehmen müssen. Auch wenn noch ein geringer Zubau an Pumpspeichern und auch intelligentes Lademanagement bei der Elektromobilität zu erwarten sind, wird der Ausbau dieser Speichersysteme mit dem stark steigenden Ausgleichsbedarf der erneuerbaren Energien nicht Schritt halten können. Dabei spielen auch die noch zu entwickelnden Speichertechnologien und insbesondere deren Kosten eine große Rolle. Im IKT-gesteuerten Querverbund könnten künftig zunehmend auch Wärmenetze, die die „Abwärme“ der Kraft-Wärme-Kopplung nutzen, sowie die Gasnetze (Power2Gas) ihre Flexibilitäten einbringen.

### Gute Prognosen für intelligente Netze

Je besser bekannt ist, wann wie viel Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugt wird, umso besser lässt er sich in das Netz integrieren. Im intelligenten Versorgungssystem spielen Prognosesysteme deshalb eine bedeutende Rolle. Sie erlauben es, rechtzeitig Erzeugungskapazitäten bereitzustellen (z. B. Biogasanlagen) oder frühzeitig eine Anpassung der Verbräuche anzustoßen (z. B. stärkeres Kühlen auf Vorrat).

### Ein Dorf im Allgäu probt das Jahr 2020

Das E-Energy assoziierte Projekt „Integration regenerativer Energien und Elektromobilität“ (IRENE) baut auf bisherigen Erkenntnissen auf und untersucht mit Förderung durch das BMWi, wie viele und welche Speicher gebraucht werden und welche Rolle dabei die Elektrofahrzeuge spielen. Mittels innovativer IKT werden an vielen Stellen im Netz die relevanten Parameter gemessen und davon abhängig entschieden, ob die mobilen oder ein stationärer Speicher beladen oder entladen werden sollen. Oder ob besser dezentrale Erzeuger zu- oder abgeschaltet werden müssen. Die Modellgemeinde Wildpoldsried wurde deshalb gewählt, weil dort der Erzeugungsmix aus erneuerbaren Energien und der Besatz mit Elektrofahrzeugen bereits heute den für ganz Deutschland geltenden Prognosen für das Jahr 2020 entsprechen.



Bei geeigneter Mischung und Nutzung aller heute bereits zur Verfügung stehenden Technologien auf der Erzeugungs- wie auf der Verbrauchsseite, im Hardware- wie im Softwarebereich, scheint ein Ausregeln zumindest im Kurzzeitbereich innerhalb einer Region möglich. Dies würde die Verteilnetze entlasten, den Ausbaubedarf reduzieren und die Wertschöpfung der Region erhöhen. Es bedarf dafür zwar erheblicher Anstrengungen im Bereich der Energietechnik und vor allem der Informations- und Kommunikationstechnik, aber wie die Ergebnisse der Simulationen im Projekt RegModHarz erwarten lassen, lohnt der Aufwand.

Strom in der Nähe der Erzeugung zu verbrauchen, kann in vielen Fällen die Effizienz des Gesamtsystems erhöhen. Die in E-Energy entwickelten IKT-Lösungen können helfen, dass zunehmend dezentral erzeugter Strom auch vor Ort verbraucht wird, was das Verteilnetz entlastet.

Bleibt schließlich noch die Frage, ob nicht die im Internet der Energie eingesetzte IKT durch den Eigenverbrauch an Strom mehr Verluste erzeugt, als sie einzusparen hilft. Auch dies wurde in E-Energy untersucht. Während moma in seinem Feldtest speziell bei kleinen Haushalten einen geringen Mehrverbrauch feststellte, konnten MeRegio und Smart Watts keinen signifikanten zusätzlichen Verbrauch seit Installation der IKT erkennen.

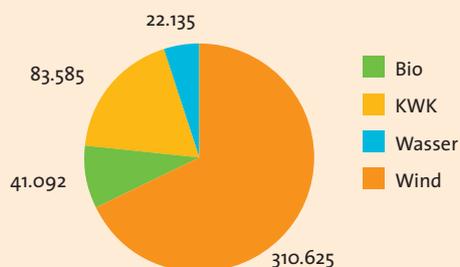
## Eine ganze Region als virtuelles Kraftwerk



Der Landkreis (LK) Harz verfügt über hohes Potenzial zur Nutzung von erneuerbarer Energie (EE). Bereits jetzt werden 30 % der im Harz benötigten Energie auch dort eingespeist, wobei Windenergie die dominierende Erzeugungsform darstellt: Etwa 2/3 der Energie werden heute in Windkraftanlagen generiert. Windenergie verfügt auch zukünftig über die größten

Potenziale, aber auch Photovoltaik-Installationen können ausgeweitet werden. Für den Ausbau der EE, insbesondere der Windenergie, spielen die Landes- und Kommunalbehörden eine Schlüsselrolle.

Erzeugte Jahresenergie 2008 (MWh)  
EEG-Anlagen im LK Harz



In einer zukünftigen Energieversorgung mit einem sehr hohen Anteil an EE spielen ländliche Regionen wie der LK Harz eine besondere Rolle. Durch das hohe vorhandene Potenzial zur Nutzung von EE bei gleichzeitig niedrigem „Eigenverbrauch“ werden Überschüsse produziert, die dann über das Stromnetz z. B. in Ballungszentren transportiert werden. Bereits jetzt treten Situationen auf, in denen Stromüberschüsse aus dem Landkreis exportiert werden. Damit dieses Energiemanagement planbar wird, werden alle Komponenten mit Hilfe von präzisen Prognosen aufeinander abgestimmt.

### E-ENERGY ERKENNTNISSE:

- 】 Es gibt Einsparpotenziale im gewerblichen Bereich von bis zu 20 %, im privaten Bereich von 5 % bis max. 10 %.
- 】 Im privaten Bereich reichen Lastverschiebungspotenziale bis zu 10 % (v. a. bei Wärmepumpen und Klimaanlage, in geringerem Umfang Spülmaschine, Trockner, Waschmaschine). Um sie zu heben, ist viel Aufklärung nötig.
- 】 Lastverschiebungspotenziale sind im gewerblichen Bereich sehr hoch und teilweise schon heute wirtschaftlich attraktiv. Sie sind aber wegen der notwendigen Umstellungen im Produktionsprozess häufig nur durch intensive Beratung zu heben.
- 】 IKT-Ansteuerung von flexiblen Erzeugungsanlagen (regelfähige Wechselrichter, stromgeführte Nutzung von KWK-Anlagen) und ortsgebundener Einkauf von Blindleistung können die Stabilisierung des Netzes unterstützen.
- 】 Die intelligente Nutzung konventioneller Speicher (Pumpspeicher, Batterien) bietet Möglichkeiten für kurzfristigen Lastausgleich innerhalb eines Bilanzkreises. Für die Langzeitpufferung ist die Nutzung weiterer Speichertechnologien (z. B. Erzeugung von Wasserstoff oder Methan und Speicherung im Gasnetz) notwendig.

## Prosumer als fester Bestandteil einer zukünftigen Versorgung



### Blockheizkraftwerke und IKT-Gateway II

Im Rahmen von E-DeMa werden in Mülheim und Krefeld 14 Kleinst-BHKWs intelligent in das Verteilnetz integriert. Stromverbraucher werden damit gleichzeitig zu Erzeugern. Man spricht bei E-DeMa von „Prosumern“. Zur Ansteuerung von Prosumer-Geräten werden sogenannte IKT-Gateways II verwendet.



Der E-DeMa-Marktplatz erlaubt es den Prosumern, jederzeit ihre Verbräuche und Kosten zu bewerten und zu einen günstigeren Tarif zu wechseln. Und er erlaubt es, den Strom von den genannten BHKWs optimal am Markt zu platzieren. Daraus ergeben sich ganz neue Geschäftsmodelle. Der bisherige Stromkunde kann nun – vertreten durch einen Agenten oder Aggregator, da er in der Regel nicht selbst am Markt auftreten kann – auf dem Marktplatz seinen selbst erzeugten Strom oder seine Flexibilität im Verbrauch anbieten.

## Sicheres und anpassungsfähiges Versorgungssystem

Vor dem Ausbau der dezentralen erneuerbaren Energien gab es kaum Notwendigkeiten für Regelungen im Niederspannungsbereich. Es gab wenig Bedarf für fernauslesbare digitale Messeinrichtungen und ferngesteuerte Stellglieder. Und eine Einbeziehung von elektrischen Lasten in die Steuerung des Gesamtsystems im Niederspannungsbereich wurde mit wenigen Ausnahmen (z. B. Lastwächter in Industrieanlagen) so gut wie nicht praktiziert. In den Verteilnetzen, in die künftig 80 % des ja zu einem Großteil dezentral erzeugten Stroms eingespeist werden, müssen Spannungshaltung und Lastanpassungen bei Engpässen netzknotenscharf prognostiziert, lokalisiert und gesteuert werden können. Diese Aufgabe kann zudem erschwert werden, wenn eine große Zahl neuer Stromverbraucher wie Elektrofahrzeuge oder Wärmepumpen auf den Plan treten.

### Intelligente Mess- und Regeltechnik im Netz und am Netzrand

Ein Hauptziel von E-Energy und allen Modellprojekten ist es, mit intelligenter Mess- und Regeltechnik zu helfen, die Versorgungssicherheit bei steigender dezentraler Einspeisung zu erhalten. Die E-Energy-Modellregionen entwickeln und erproben dazu die notwendige Sensorik (z. B. Phasor-Measurement-Units oder Smart Meter) sowie Analyse- und Prognose-

tools. Und sie binden Aktoren (Energiemanager, Steuerboxen, Gateways etc.) für das Erzeugungs- und Verbrauchsmanagement ein. Mit diesen kann eingegriffen werden, sobald Spannungsbandverletzungen erfolgen oder Netzüberlastungen drohen. Solche Eingriffe erfolgen, soweit es geht, über zeit- und ortsgenaue marktliche Anreize. Nur wenn dringender Handlungsbedarf besteht, werden über spezielle Signale vorher vertraglich vereinbarte Aus- und Einschaltbefehle versandt. Mit einer solchen intelligenten Netzsteuerung kann der Ausbau der Verteilnetze in noch näher zu bestimmendem Umfang verringert oder verzögert werden.

Die eingesetzte IKT ermöglicht eine verbesserte Steuerung des komplexer werdenden Energienetzes. Zukünftig lassen sich Extremsituationen wie Netzengpässe besser vorhersehen und beherrschen. Dabei darf nicht unterschätzt werden, dass die eingesetzte IKT auch Risiken mit sich bringen kann. Computer können ausfallen und müssen gegen unberechtigte Zugriffe geschützt werden. Deshalb wurden von allen Modellregionen auch Sicherheitsaspekte betrachtet, entsprechende Lösungsansätze entwickelt und zumindest teilweise in den Feldversuchen umgesetzt (siehe S. 34). Dabei wurde erkannt, dass die Verbesserung der örtlich und zeitlich differenzierten Prognosegenauigkeit bezüglich Erzeugung und Verbrauch wesentlich zur dauerhaften Sicherung der Versorgung beiträgt.

Mit zunehmenden Anteilen volatiler Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien steigt der Flexibilitätsanspruch an die übrigen Komponenten im Energiesystem. Durch regelbare Erzeugung und Verbrauch, Verteilung und Speicherung sowie deren Zusammenspiel sind diese Schwankungen auszugleichen und es ist eine zuverlässige Stromversorgung aufrechtzuerhalten. Das Prinzip des subsidiären Abgleichs ist dabei Voraussetzung für Netzentlastungseffekte und entsprechende Einsparungsmöglichkeiten in der Transportinfrastruktur. Dafür muss die Entlastungsmaßnahme mittels Steuerung smarter Prosumer tatsächlich an der kritischen Netzstelle durchgeführt werden. Das erfordert eine netzknottenscharfe Prognostizierung und Lokalisierung und eine ebenso verortete Intervention im entsprechenden Teilnetz. Vorsicht ist geboten, wenn autonome Netzagenten unabgestimmt agieren. Ihre Interventionen mittels Steuersignalen können gegenläufige Effekte erzielen oder zu sogenannten Rebound-Effekten führen. Bei MeRegio wurden solche Zustände simuliert und entsprechende Steuermechanismen näher untersucht.

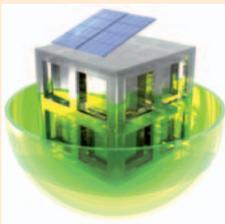
### Zellulares System statt zentraler Netzführung

Dem Prinzip „security by design“ folgend gestalten Modellregionen wie moma ihre Systemarchitektur konsequent dezentral, so wie es die Natur mit den Strukturen von Bäumen,

Ästen, Blättern und deren Zellen vormacht. Das Konzept eines zellularen Systems – als Ersatz für die bisher praktizierte zentrale Netzführung und -steuerung – stellt selbstregelnde Strukturen in den Vordergrund, die jedoch weiterhin über ein Übertragungsnetz und eine zentrale Netzführungsinstanz verbunden sind. Der physische Energieaustausch zwischen dem Netz und den Zellen ist minimiert, da sich die Zellen so weit als möglich autark verhalten. Entsprechend sind auch die Übertragungsverluste geringer. Solche Systeme sind wenig anfällig gegen das Ausbreiten von Fehlerzuständen im Gesamtsystem (sog. Resilienz). Einzelne Zellen können nach diesem Konzept bei Bedarf komplett abgekoppelt und so lange autark betrieben werden, bis wieder alle Elemente des Gesamtsystems voll funktionsfähig sind.

Eine Besonderheit stellt die Schwarzstartfähigkeit dar. Sie wird dann notwendig, wenn ein Teil des Stromversorgungssystems ausfällt, weil die Steuerungscomputer z. B. durch Elektromagnetischen Impuls ausfallen. Die wiederum können ohne Strom nicht wieder gestartet werden. In den Modellprojekten wird ansatzweise gezeigt, wie durch redundante Stromversorgung und Notstromsysteme eine solche Situation vermieden und geheilt werden kann. Weitere Architekturüberlegungen gehen in Richtung einer verteilten Intelligenz, bei der viele der (kleinen) IKT-Anlagen im

#### Das zellulare System in Mannheim



Bei moma stellt jedes Gebäude mit Netzanschluss eine Objektzelle dar. Ca. 200 solcher Objektzellen sind zu einer Verteilnetzzelle zusammengefasst, die Agentenstrukturen zur Netz- und Marktunterstützung enthält.

Die ca. 300 Verteilnetzzellen der Modellstadt Mannheim sind die Bestandteile einer Systemzelle. Eine CORE-Plattform dient der Integration und verbindet die Netzzellen für die gesamte Netzführung mit der Netzleitwarte sowie weiterführend mit dem Übertragungsnetz. Die CORE-Plattform verbindet auch die lokalen Marktmechanismen über den Marktplatz der Energien in der Systemzelle mit den übergeordneten Energiemärkten. Die Kommunikation in und zwischen den Zellen erfolgt IP-basiert per Breitband-Powerline.

Das System orientiert sich an der Natur. Die Idee ist es, die Komponenten des Energiesystems in autarke Zellen einzuteilen, so dass der Ausfall einer Zelle oder Komponente nicht gleich Folgen für das gesamte System hat.

## Häuser als autonome Zellen



MeRegio sowie das Schwesterprojekt MeregioMobil zeigen in ihren Feldversuchen, wie alle Elemente eines intelligenten Energiehauses miteinander verbunden werden können – von der PV-Anlage auf dem Dach und dem Mikro-BHKW im Keller bis hin zu den ansteuerbaren Hausgeräten und dem Elektrofahrzeug, dessen Batterie als Puffer für Strom dienen kann. Auf diese Weise kann sich ein Haus bei Bedarf für eine gewisse Zeit komplett selbst mit Strom versorgen.

Ein Modellhaus am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wird real bewohnt. Das Fertighaus mit einer Fläche von etwa 80 Quadratmetern ist ein Prototyp für den energieeffizienten Haushalt der Zukunft, der Elektrofahrzeuge als Stromspeicher und Haushaltsgeräte in die intelligente Steuerung des Haushalts miteinbindet. Ausgestattet mit den typischen Elementen Erzeuger, Verbraucher und Energiespeicher können die Bewohner des Smart Homes das Modell für den Energie-Haushalt von morgen testen.

Für die gesamte Steuerung des Hauses und die Anbindung an das Netz ist eine Steuerbox im Zusammenspiel mit diversen Messgeräten und Anzeigesystemen zuständig.

Gesamtsystem, wie z. B. die Energiebutler oder Netzagenten im Falle von moma, es gemeinsam ermöglichen, das System wieder in einen stabilen Zustand zu bringen. Andere Konzepte machen sich den Umstand zu Nutze, dass intelligente Wechselrichter selbst dann Strom von ihren Erzeugungsanlagen beziehen können, wenn das Stromnetz keine ausreichende Spannung liefern kann.

### Dezentrale Anlagen für die Bereitstellung von Systemdienstleistungen

Zunehmend stellt sich nicht nur die Frage nach der Quantität, sondern auch die nach der Qualität des erzeugten erneuerbaren Stroms. Im Miteinander und beim Übergang von konventioneller zu erneuerbarer Energieerzeugung müssen die neuen Energieanlagen nicht nur zur gesicherten Leistung beitragen, sondern sich auch an der Erbringung sogenannter Systemdienstleistungen beteiligen. Moderne Wechselrichter erlauben sehr unterschiedliche Methoden der Einspeisung in das Netz, um gezielt die benötigten Phasen des Wechselstroms zu treffen. Sie können nicht nur Wirkleistung erzeugen, sondern auch Blindleistung kompensieren – eine wichtige Vorausset-

zung für den stabilen Gesamtbetrieb eines Versorgungssystems mit einer großen Zahl stark fluktuierender Erzeuger und Verbraucher. In einigen Modellregionen (z. B. moma) wird noch untersucht, ob dies auch eine wirtschaftliche Lösung darstellt: Derzeit liegen die Kosten für eine derartige Lösung 45 % über der konventionellen Lösung der Blindleistungskompensation. Anders sieht es aber beispielsweise aus, wenn die Kompensation genau zum Zeitpunkt des Leistungsmaximums des Wechselrichters abgerufen wird. Solche modernen Wechselrichter können nur dann optimal genutzt werden, wenn sie im Internet der Energie miteinander verbunden sind und entsprechend instruiert werden, um örtlich und zeitlich passgenau ihre Leistung zu erbringen.

Mittels Pooling unterschiedlicher Energieerzeuger, -speicher und flexibler Verbraucher in virtuellen Kraftwerken reduzieren einige Modellregionen wirksam die sogenannte Residuallast, also den Restenergiebedarf jenseits der Erzeugung der Erneuerbaren. Die Simulationen bei RegModHarz haben gezeigt, dass dies vor allem dann möglich ist, wenn steuerbare erneuerbare Energien wie z. B. Biogasanlagen bedarfsgerecht

**E-ENERGY ERKENNTNISSE:**

- 】 Die Integration dezentraler, kleiner Erzeuger ist mit IKT ohne Gefahr für die Netzstabilität und mit reduziertem Netzausbau perspektivisch möglich.
- 】 Sensorik wird sowohl im Netz als auch am Netzrand (also bei Erzeugern und Verbrauchern) benötigt. Aktoren werden sowohl für die Steuerung der Erzeugung als auch für die Regelung des Verbrauchs benötigt.
- 】 Verbesserte Erzeugungs- und Verbrauchsprognosen sind möglich und steigern die Versorgungssicherheit.
- 】 Erneuerbare-Energie-Anlagen können in gewissem Umfang Systemdienstleistungen erbringen (Regelleistung, Blindstromkompensation etc.). Der rechtliche Rahmen bietet aber wenig Raum für Wirtschaftlichkeit.
- 】 Hohe Versorgungssicherheit kann durch zellulare Ansätze unterstützt werden.
- 】 Abgleich von Angebot und Nachfrage kann mit mehr IKT auf Bilanzkreisebene erreicht werden. Auf Ebene der Übertragungsnetze verbleibt das Transportproblem von hohen Windstromüberschüssen. Je nach lokalem Netzzustand ist nach der kostengünstigsten Variante (Smart-Grid-IKT im Netz oder am Netzrand, Speicher oder Transport) zu optimieren.

einspeisen. Die Versorgung muss aber zu jedem Zeitpunkt gesichert sein, was bei immer mehr kleinen Erzeugern und unkalkulierbaren Verbrauchern (wie den Ladestationen von Elektrofahrzeugen) neue Herausforderungen für das System der Regelenenergie darstellt.

**Regelenenergie auf elektronischen Marktplätzen**

Die Modellregionen haben die technischen Grundlagen für virtuelle Marktplätze realisiert, auf denen die künftig steigende Nachfrage nach flexiblen Energiedienstleistungen (Wirkleistung und Blindleistung, geregelte Erzeugung und angepasster Verbrauch) transparent wird und sowohl lokal als auch überregional gehandelt werden kann. Bisher wird darüber überwiegend der Day-ahead-Handel getestet oder simuliert. Die Bereitstellung kurzfristiger Regelleistungen bewegt sich derzeit im Minutenreserve-Segment. Die Vermarktung von Primär- und Sekundärregelleistung scheitert derzeit (noch) technisch an der Echtzeitinteraktionsfähigkeit bei der Ansteuerung von dezentralen Anlagen und an den fehlenden Erfahrungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit von tarifgesteuertem Demand-Side-Management, marktrechtlich an den Präqualifikationsbedingungen für den Regelenenergie-markt sowie Bilanzierungsrichtlinien und wirtschaftlich an den Vorhaltungskosten, so dass die Anforderung der Bereitstellung hochflexibler Regelleistung vorerst beim konventionellen Kraftwerkspark bleiben und zunehmen wird. Die auf Verteilnetzebene realisierbaren Flexibilitäten werden deshalb in den E-Energy-Regionen überwiegend zum Ausgleich innerhalb der jeweiligen Bilanzkreise genutzt und nicht auf die Übertragungsnetzebene „hochgereicht“.

**Neue Produkte, Marktplätze und Marktteilnehmer**

Strom kann zwar nicht seine Farbe wechseln. Aber die Zeiten, in denen eine Kilowattstunde wie die andere ist, sind vorbei. Wenn es Strom in Überfluss gibt, wird die Kilowattstunde günstiger zu haben sein als in Zeiten des Mangels. Würden jedoch zu Zeiten des günstigen Angebots alle Verbraucher ihre Geräte einschalten oder gar ihre Speicher laden, würde das zu einer Überbelastung der Netze führen. Die Kilowattstunde müsste nun einen Aufschlag für die Netzbelastung erhalten. Das bedeutet, dass sich die Preisbildung an mehreren Faktoren festmachen und vor allem schnell auf Veränderungen reagieren muss. Dies wird nur möglich sein, wenn der Abgleich auf weitgehend automatisierten, elektronischen Marktplattformen basiert, wie sie von den E-Energy-Modellprojekten entwickelt und getestet werden.

**Anreize durch Mehrstufentarife**

Die Zukunft der Stromversorgung wird von innovativen Mehrstufentarifen geprägt sein. Nicht nur, weil die Gesetzeslage dies vorschreibt, sondern vor allem, weil damit Anreize zur Anpassung des Verbrauchs an die Erzeugung geschaffen werden können. In den E-Energy-Modellregionen wird mit diversen Tarifmodellen experimentiert. Wie Tabelle 1 zeigt, lassen sich vier Arten von Tarifen unterscheiden. Gemeinsam ist ihnen, dass Strom in bestimmten Zeitintervallen mehr oder weniger kostet als in anderen. Während beim „zeitvariablen Tarif“ sowohl die Intervalle als auch die für diese geltenden unterschiedlichen Preise lange im Voraus fixiert und kommuniziert werden, können sich beim „dynamischen Tarif“ sowohl die Zeitintervalle als auch der Preis für die Kilowattstunde, abhängig von der Verfügbarkeit des Stroms oder der Belastung des Netzes, ändern. Deshalb spricht man bei

Tabelle 1: Die E-Energy-Tarife

	Struktur	Ziel	Getestet bei
Zeitvariabler Tarif	Energiepreis für einzelne Tarifphasen durch Tageszeit, Woche, Monat etc. bestimmt und für ein spezifisches Zeitintervall (monatlich, wöchentlich etc.) festgelegt. Spreizung zwischen den Tarifphasen bei E-Energy zwischen 10 und 60 ct/kWh.	Zeitliche Verlagerung der Last kann führen zu: <ul style="list-style-type: none"> <li>› Vermeidung von Lastspitzen bzw. Verbrauchstälern</li> <li>› ggf. Verbesserung der Grundlast</li> </ul>	<i>E-DeMa</i> <i>eTelligence</i> <i>MeRegio</i> <i>moma</i> <i>Smart Watts</i>
Verbrauchsvariabler Tarif	Stromverbrauch wird je nach Höhe in verschiedenen Tarifstufen abgerechnet: Je höher der Energieverbrauch innerhalb von z. B. einem Monat ist, desto teurer wird jede Kilowattstunde.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Energieeinsparungen</li> <li>› Lastreduktion</li> </ul>	<i>E-DeMa</i> <i>eTelligence</i>
Dynamischer Tarif	Energiepreis beruht auf externen Größen (Börsenpreis, Prognosen, Residuallast, Netzlast u. ä.). Zeitintervalle und die dafür geltenden Preise werden z. B. für einen Tag im Voraus festgelegt.	Zeitnahe und flexible Verlagerung von Lasten auf Grund spezifischer Situationen ermöglicht Abgleich von Produktion und Verbrauch.	<i>E-DeMa</i> <i>MeRegio</i> <i>moma</i> <i>RegModHarz</i> <i>Smart Watts</i>
Event-Tarif	Erweiterung des zeitvariablen Tarifs: Für zuvor angekündigtes Zeitintervall gelten auf Grund von externen Ereignissen extrem hohe oder niedrige Preise je Kilowattstunde.	Vermeidung von Lastspitzen/-tälern in kritischen Zeiten.	<i>E-DeMa</i> <i>eTelligence</i> <i>MeRegio</i>

Letzterem auch von real time pricing (RTP). In der Regel werden die Intervalle und die Preisstufen beim dynamischen Tarif einen Tag im Voraus festgelegt und mitgeteilt. Auch der verbrauchsvariable Tarif besteht aus verschiedenen Preisstufen. Je höher der Gesamtverbrauch z. B. innerhalb eines Monats ist, umso teurer wird jede in diesem Monat verbrauchte Kilowattstunde.

Während zeitvariable, dynamische und Event-Tarife sich vor allem eignen, um die Lastkurve zu beeinflussen (z. B. Lastspitzen zu kappen), kann ein verbrauchsvariabler Tarif zu Energieeinsparungen an sich anreizen.

Verbrauchsvariable Tarife waren den Kunden nur schwer zu vermitteln und Smart Watts musste den diesbezüglichen Versuch abbrechen. Eine Vorauswertung des eTelligence-Feldtests ergab, dass gerade diese Tarife aber zum Einsparen anreizen. Mit Spannung werden daher die Endergebnisse

der dazu bei E-DeMa und eTelligence noch laufenden Feldtests erwartet.

In allen Modellprojekten wurde zunächst mit einfachen zeitvariablen Tarifen experimentiert. In den laufenden großangelegten Feldtests sind allerdings auch komplexe dynamische Tarifkonstruktionen dazugekommen. In der Handhabung und bei den Anforderungen an die IKT unterscheiden sich beide deutlich:

- › Bei einem zeitvariablen Tarif gibt es eine Kontinuität bezüglich der Tarifstufen und ihrer Verteilung. Sie sind den bisher schon bekannten HT/NT-Tarifen sehr ähnlich und man muss sich nur wenige Zeitpunkte merken, zu denen zwischen den Tarifstufen gewechselt wird. Mit relativ einfachen Feedbacksystemen (siehe Tabelle 2) können sich die Kunden Transparenz über ihren aktuellen Verbrauch und mithin Kontrolle über die Kosten

verschaffen. Da man sich die (wenigen) Hochpreis- und Tiefpreisintervalle gut merken kann, lassen sich Geräte manuell zur rechten Zeit einschalten und dadurch die Kosten senken.

- Die Komplexität der meisten Tarife erlaubt es nicht, dass auf Preisanreize manuell reagiert wird. Diese Aufgabe wird durch Energiemanagementsysteme, z. B. Energiebutler (moma), Steuerboxen (MeRegio), IKT-Gateways (E-DeMa), BEMI (RegModHarz), Multibox (eTelligence) bzw. intelligente Steckdosen und Endgeräte (Smart Watts) erledigt. Sie alle erhalten Preissignale oder können den aktuellen Preis vor dem Einschalten eines Geräts über standardisierte Schnittstellen abfragen. Sie sind so programmierbar, dass sie nicht nur den über die Preise abgebildeten Anforderungen des Versorgungssystems, sondern auch den Bedürfnissen der Verbraucher in den privaten Haushalten und Betrieben Rechnung tragen.

Bei E-DeMa und eTelligence gibt es Bonus- und Malus-Events. In bestimmten Ausnahmesituationen wird der Preis für definierte Zeiträume gesenkt oder extrem angehoben. Es wird mit einem marktkonformen Verhalten der Verbraucher gerechnet, die durch Verschieben ihrer Verbräuche helfen, die Ausnahmesituation aufzuheben. Dass solche Marktmechanismen ein wirksames Mittel zur Optimierung des Netzbetriebs darstellen, konnte MeRegio in seinem Feldtest im Versorgungsgebiet Freiamt eindrucksvoll zeigen.

Der Nachweis der technischen Machbarkeit innovativer Preismodelle konnte in den Modellprojekten erbracht werden. Der freien Gestaltung von attraktiven Tarifen sind jedoch heute noch Grenzen gesetzt. Insbesondere limitieren die fixen Netzentgelte die Handlungsspielräume. Allerdings konnten die Modellprojekte MeRegio und Smart Watts nachweisen, dass bereits bei geringen Spreizungen von nur

6,5 Cent (MeRegio) bzw. 4,2 Cent (Smart Watts) zwischen Hochpreis- und Tiefpreiszeiten und attraktivem, leicht verständlichem Feedback durch Stromampeln eine nennenswerte Zahl von Endverbrauchern ihr Verhalten verändert. In beiden Vorpiloten konnten deutliche Lastverschiebungen in die Tiefpreiszonen beobachtet werden. Durch die Beschäftigung mit dem System stieg zudem das Bewusstsein der Kunden und es konnten Energieeinsparungen zwischen 3 und 5 Prozent erzielt werden.

### Neue Markttrollen

Auf Grund der veränderten Rechtslage entwickelten sich bereits zwei neue Markttrollen: die des Messstellenbetreibers und die des Messdienstleisters. Ob das Internet der Energie darüber hinaus weitere Markttrollen hervorbringen wird, ist noch nicht absehbar. Allerdings dürfte die Einbindung regenerativer Energien oder die Abwägung zwischen Markt- und Netzinteressen weitere (neue) Marktfunktionen erfordern, welche die Optimierung im Sinne des Gesamtsystems zum Geschäftsmodell haben. Auf den elektronischen Marktplätzen des Internets der Energie wird nicht nur Strom gehandelt. Speziell die Flexibilität in der zeitlichen Gestaltung des Verbrauchs stellt einen Wert für sich dar und wird zunehmend zum Handelsgut. Möglicherweise braucht es eine eigenständige Funktion für das Managen und Honorieren der Flexibilität auf der Verbrauchsseite. Im Zusammenhang mit dem Smart Grid ist auch an die Rolle eines Betreibers für die IKT-Infrastruktur zu denken.

### Neue Dienstleistungen

Auch ganz neue Dienstleistungen, wie das Managen und Warten eines häuslichen Gesamtenergiesystems zur optimalen Nutzung von Tarifvorteilen, werden auf dem Energiemarktplatz der Zukunft angeboten. Den größten Vorteil werden dabei die Haushalte erzielen, in denen es nicht nur Verbraucher, sondern auch flexible Erzeugungsanlagen

Tabelle 2: E-Energy-Feedbackmechanismen

	E-DeMa	eTelligence	MeRegio	moma	RegModHarz	Smart Watts
Online-Portal	X	X	X	X	X	
iPod/iPad/SmartPhone	X	X	X			X
Hardcopy		X	X	X		X
Eigenes Display (z. B. Stromampel)	X		X			
Display im Gateway/ Energie-Manager etc.				X	X	(X)

## Netzstabilität durch automatisierte Verhandlung mit Verbrauchern



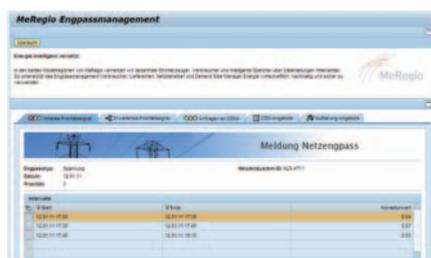
### Spannungsproblem wird erkannt



### Verhandlungsprozess beginnt



### Angebote werden eingeholt und angenommen



### Spannungsproblem ist behoben



Im Feldversuch ist es nachweislich gelungen, Erzeugungsschwankungen durch automatisiertes, marktbasierendes Demand-Side-Management auszugleichen.

(z. B. Mikro-BHKWe) und möglicherweise auch Speicher gibt. Eine von den Verbrauchern gut angenommene Dienstleistung ist die die Effizienzberatung auf Basis (freiwillig) überlassener Verbrauchsdaten oder das Auffinden von „Stromfressern“ in Haushalten. Entsprechende Erfolge konnten mit dem im Rahmen von eTelligence eingesetzten Beratungswerkzeug von cozonline und den Online-Beratungen für Haushalte und Gewerbe bei moma und MeRegio erzielt werden. Die neuen Marktplätze erlauben es auch, spezifische regionale oder ökologische Stromprodukte anzubieten, für die es bisher keinen Markt und keine Kennzeichnungsmöglichkeiten gab. Vor allem Smart Watts hat sich zur Aufgabe gemacht, die intelligente Kilowattstunde mit genauen Informationen über z. B. Zusammensetzung und Herkunft für den Verbraucher sichtbar zu machen. Aber auch andere Modellregionen legen Wert darauf, die Verbraucher in Zukunft umfassend zu informieren, so dass sie Entscheidungen bewusster treffen und selbstbestimmter agieren können.

## Neue Marktteilnehmer

Die Liberalisierung im Energiebereich ist weit fortgeschritten. Monopolistische Versorgungsstrukturen gehören der Vergangenheit an. Nicht nur die über 900 Netzbetreiber und Stromversorger in Deutschland gestalten eine vielfältige Landschaft in der Energieversorgung. Inzwischen gibt es über 300.000 kleine und kleinste Stromerzeugungsanlagen in privater Hand. In dem Maße, wie solche Anlagen wirtschaftlich darstellbar werden, wird diese Zahl der Marktteilnehmer weiter stark zunehmen. Dies alles führt zu Veränderungen auf dem Markt der Energien und vor allem der energienahen Dienstleistungen. Allerdings gehen die E-Energy-Modellregionen mehrheitlich nicht davon aus, dass alle Verbraucher und Erzeuger in Zukunft selbst auf den elektronischen Marktplätzen tätig werden. Vielmehr wird es eine neue Marktfunktion mit Bündelungs- und Optimierungsaufgaben geben, die von unterschiedlichen Marktakteuren ausgefüllt werden kann. Solche Aggregatoren, Demand-Side-Manager oder Pool-

„Durch den Einsatz intelligenter Zähler für Smart-Home-Lösungen in Verbindung mit der Schaffung von Speichermöglichkeiten z. B. durch Umwandlung in andere Energiearten und zeit- bzw. lastvariablen Tarifprodukten und Energieberatungen kann auch der Kleinverbraucher in die Lage versetzt werden, seinen Energieverbrauch transparenter nachzuvollziehen und zu verlagern.“

Aus BDEW-DISKUSSIONSPAPIER „SMART GRIDS – AUF DEM WEG ZU EINEM ZUKUNFTSFÄHIGEN MARKT- UND REGULIERUNGSDESIGN“



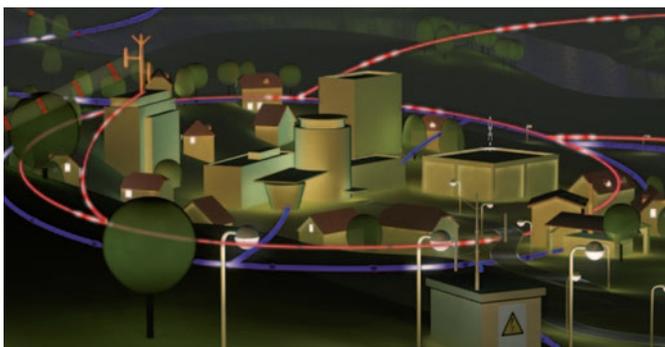
Manager werden vertragliche Verbindungen mit einer (größeren) Zahl von Kleinerzeugern und Verbrauchern mit Flexibilitäten haben, deren Leistung bündeln und als Produkt optimiert Netzbetreibern, Stromhändlern oder Strombörsen anbieten. Diese Aktivitäten sind durch IKT-Plattformen in der Art zu unterstützen, dass die geforderten Daten und Dienste sicher und markttrollenkonform bereitgestellt werden.

#### **Optimierung bestehender Geschäftsprozesse**

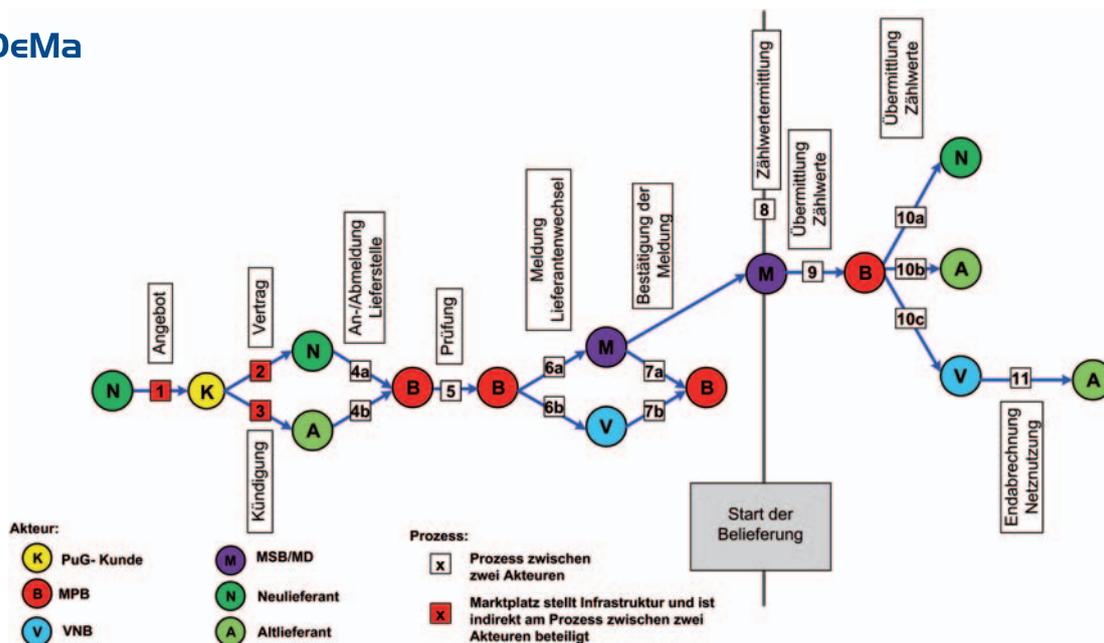
Bei alledem darf nicht vergessen werden, dass es auch weiterhin die etablierten Marktprozesse und Marktteilnehmer geben wird. Teilweise werden die heutigen Stromversorger und Netzbetreiber neue Aufgaben übernehmen, teilweise werden sie ihre Geschäftsprozesse optimieren und damit kostengünstiger gestalten. Je nach regulatorischen Rahmenbedingungen können die Netzbetreiber ihre Bedürfnisse selbst aktiv oder in einer dienenden Rolle am Markt befriedigen. Ihre bisherige Rolle lässt es plausibel erscheinen, dass sie regionales Kapazitätsmanagement betreiben und sich mit lokalisierbaren Marktsignalen beteiligen, die dann über einen Marktprozess mit den Signalen der Aggregatoren zusammengeführt werden.

#### **Bildung für Smart Energy**

Um die neuen Anforderungen bedienen zu können, bedarf es auch Veränderungen in der Ausbildung. Die Entwickler von IKT-Anlagen werden sich noch mehr als bisher mit dem sich schnell verändernden Energiemarkt auseinandersetzen müssen. Ihre größten Herausforderungen werden datenschutzkonforme und sichere Datenmanagementsysteme und Dienstplattformen sein. Und es werden neue Berufsbilder an der Schnittstelle zwischen Energie- und Informationstechnologien entstehen. Besonders wichtig ist daher die Verankerung des Themas in den Kreisen der Wissenschaft und der Ausbildung. In dem vom BMWi geförderten Projekt „MEMO – Mediengestützte Lern- und Kollaborationsdienste“ entwickeln Experten für multimediale Trainings Schulungsmaterialien für die Aus- und Weiterbildung von Handwerkern am Beispiel der Netzintegration von Elektroautos. Die Erfahrungen können auf weitere Felder im Bereich der Energieversorgung übertragen werden. Am Center for Digital Technology & Management (CDTM) der LMU und der TU München haben junge Wissenschaftler – aktiv von der Begleitforschung betreut und von den Modellregionen unterstützt – weitreichende Szenarien und Geschäftsmodelle entwickelt. Inzwischen wurde dort ein eigener Forschungsschwerpunkt E-Energy eingerichtet.



## Lieferantenwechsel im Eilzugtempo



Der elektronische E-DeMa-Marktplatz erlaubt es, einen Lieferantenwechsel in wenigen Tagen, in aller Regel vor Beginn der Lieferung durch den neuen Lieferanten zum Monatsbeginn, komplett abzuschließen. Die bisherigen Prozesse dauerten dagegen mehrere Wochen.

## E-ENERGY ERKENNTNISSE:

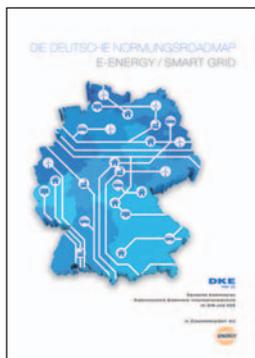
- › Durch E-Energy-Technologien können etablierte Marktteilnehmer ihre bisherigen Geschäftsprozesse optimieren.
- › Zeitvariable, dynamische Tarife ließen sich in den Modellprojekten realisieren und bewirken dort Veränderungen im Verbrauchsverhalten.
- › Verhaltensänderungen sind in der Anfangsphase deutlich zu beobachten; nachhaltige Veränderungen sind in der Regel nur über automatisierte Systeme möglich.
- › Durch automatisierte, marktbasierende Verhandlungssysteme kann die Netzstabilität auch bei stark volatiler Einspeisung erhalten werden.
- › Eine Vermarktung von Flexibilitäten im Bereich der Primär- und Sekundärreserve ist (noch) nicht möglich, aber E-Energy-gesteuerte Anlagen können „near time“ Ausgleichsenergie (zum Ausgleich von Prognosefehlern) liefern.
- › E-Energy-gesteuerte Anlagen können Systemdienstleistungen (Spannungshaltung, Frequenzhaltung, Blindstromkompensation) für das Netzmanagement insbesondere im Verteilnetz erbringen.
- › Neben dynamischen Strompreisen zur Honorierung von Lastverschiebungen lassen sich auf den elektronischen Marktplattformen auch weitere Dienstleistungen wie das Managen von Energieanlagen oder eine kontinuierliche Effizienzberatung abbilden.
- › Auf dem Marktplatz der Energien wird es mindestens eine neue Marktfunktion geben: Aggregatoren sichern den diskriminierungsfreien Zugang auch kleiner Anbieter zum Marktplatz und bündeln deren Erzeugungsmengen und Flexibilitäten zu vermarktungsfähigen Einheiten in Richtung Netzbetrieb oder Stromhandel.
- › E-Energy kann elektrische und thermische Speicher bis zu 1–2 Tage integrieren. Der Schwerpunkt liegt bei wenigen Stunden Verlagerungsdauer.

# AUF DEM WEG ZUM INTERNET DER ENERGIEN

## Normung und Standardisierung

Wer eine entscheidende Rolle auf den Weltmärkten spielen will, muss Standards setzen – oder den Standardisierungsprozess zumindest aktiv mitgestalten. Eine der Anforderungen des Fördermittelgebers an die Modellregionen war es von Anfang an, bei den geförderten Forschungs- und Entwicklungsaufgaben den Stand der internationalen Normung und Standardisierung zu beachten und darauf aufbauend Neu- oder Weiterentwicklung von Lösungen zu betreiben. Dementsprechend arbeiten die E-Energy-Modellprojekte eng zusammen. Sie tauschen sich regelmäßig in einer Fachgruppe über ihre verallgemeinerbaren Lösungen aus.

### E-Energy-Kompetenzzentrum zur Bündelung der Kräfte



Bei der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) wurde ein Kompetenzzentrum E-Energy eingerichtet, das die E-Energy-Modellprojekte mit anderen Ansätzen in Deutschland, Europa und weltweit verbindet. Die DKE unterstreicht damit auch für das Feld der Smart Grids ihre Rolle als moderne, gemeinnützige Dienstleistungsorganisation

für die sichere und rationelle Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität und dient so dem Nutzen der Allgemeinheit. Die selbstgestellten Aufgaben des DKE-Kompetenzzentrums und Wege zu deren Lösung sind in der Broschüre „Die Deutsche Normungsroadmap E-Energy/Smart Grid“ beschrieben. Nicht nur an der Wahl des Titels für diese Roadmap, sondern auch an den vielen inhaltlichen Einflüssen wird die Bedeutung des Modellvorhabens E-Energy für die Findung und Festlegung des Weges und der Schritte hin zu einer smarten Energieversorgung – hin zum Smart Grid made in Germany – deutlich. Aktuell haben die DKE und engagierte Mitglieder des E-Energy-Kompetenzzentrums führende Rollen bei der Entwicklung einer gesamteuropäischen Sichtweise zum Smart Grid übernommen und arbeiten unter dem Mandat M/490 der EU-Kommission mit anderen Experten aus ganz Europa zusammen.

## Datenschutz und Datensicherheit

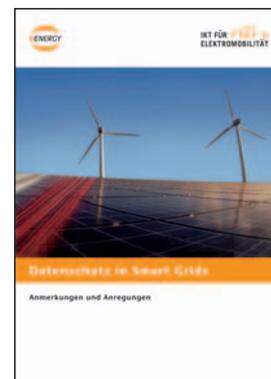
Um das Internet der Energie zu betreiben, braucht es eine gute Datenlage. Zu jedem Zeitpunkt muss bekannt sein, wie viel an welchen Punkten im Netz erzeugt und verbraucht wird. Und dies nach Möglichkeit verbunden mit einer Prog-

nose für die nächsten Stunden und Tage. Das erzeugt eine riesige Menge an Daten, die es technisch und auch rechtlich zu bewältigen gilt.

### Sensibler Umgang mit personenbezogenen Daten

Intelligente Zähler (Smart Meter) können kontinuierlich Daten über die Verbräuche von privaten Haushalten und Betrieben liefern. Im intelligenten Netz der Zukunft wird es auch noch andere Sensoren und Messgeräte geben (z. B. Phasor-Measurement-Units – PMU), die Aufschluss über den Zustand des Netzes und über drohende Überlastungen liefern. Speziell die von den Smart Metern gemessenen Daten von Privatpersonen sind sehr sensibel. Um aus ihnen keine Rückschlüsse auf die Lebensgewohnheiten ziehen zu können, werden diese Daten im Internet der Energie anonymisiert und aggregiert, sofern sie nicht für Abrechnungszwecke in hoher Auflösung benötigt werden. Es werden nicht mehr Daten erhoben, als tatsächlich für Abrechnungszwecke und zum Beobachten des Netzzustands benötigt werden. Wenn sie erhoben werden müssen, werden die Daten nicht länger gespeichert als nötig.

Die Fachgruppe Rechtsfragen von E-Energy hat die Fragen des Datenschutzes umfassend bewertet. Ihre Anmerkungen und Anregungen zu datenschutztechnischen und datenschutzrechtlichen Fragen hat diese Expertengruppe in Form eines Buchs veröffentlicht. Einige der Vorschläge haben bereits Eingang in die Novelle des EnWG gefunden.



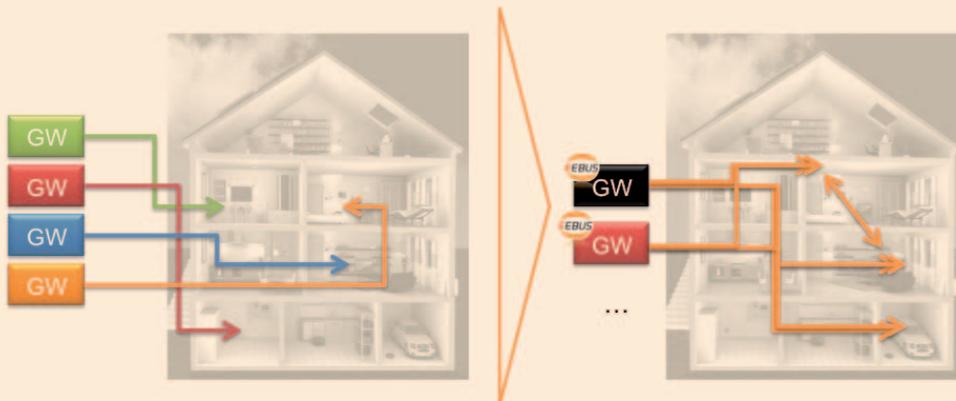
Im Internet der Energie gilt es nicht nur, die Menschen und deren berechtigte Interessen zu schützen. Das gesamte System muss vor beabsichtigten und unbeabsichtigten Schäden geschützt werden. Nur wenn eine hohe Funktionssicherheit aller Anlagen und die Integrität der Daten im Smart Grid gesichert sind, kann die gewohnt hohe Versorgungssicherheit gewährleistet werden. Die damit zusammenhängenden Fragestellungen werden gemeinhin unter dem Begriff Datensicherheit zusammengefasst. In den E-Energy-Modellprojekten werden dazu erste Untersuchungen durchgeführt. Daraus wurde bisher vor allem deutlich, welcher Forschungs- und Entwicklungsbedarf hier noch besteht. In jedem Fall muss sichergestellt werden, dass es keine missbräuchlichen Zugriffe zu den Daten und Programmen im Smart Grid sowie den Messgeräten und Energiemanagern in Haushalten und

### Ein Betriebssystem für das Smart Grid



Die Open Gateway Energy Management Alliance (OGEMA) entwickelt eine offene Software-Plattform, die manchmal als „Betriebssystem für das Energie-Management“ bezeichnet wird. OGEMA erlaubt die Einbindung unterschiedlichster Kommunikationssysteme (z. B. den EEBus für die Kommunikation zu Hausgeräten). Entwickelt wurde das OGEMA-Framework vom Fraunhofer-Institut IWES in Kassel. Zum Einsatz kommt OGEMA im Energiebutler von moma sowie im BEMI von RegModHarz, wo es schon jetzt und auch zukünftig Grundlage für die Entwicklung zahlreicher Applikationen im Bereich der Optimierung von Strom- und Wärmeversorgung sein soll.

### Ein Mittel gegen Sprachverwirrung



Im Rahmen von Smart Watts wurde der EEBus entwickelt. Er dient der herstellerunabhängigen Ansteuerung von Haushaltsgeräten im Rahmen des Lastmanagements. Er beschreibt die Nutzung bestehender Kommunikationsstandards und -normen mit dem Ziel, Energieversorgern und Haushalten den Austausch von Anwendungen und Diensten zur Erhöhung von Komfort und Effizienz zu ermöglichen.

EEBus baut auf vorhandenen Standards auf und entwickelt sie weiter. Mit der Gründung eines in Deutschland eingetragenen Vereins sollen Weiterentwicklung, Vermarktung und Standardisierung der EEBus-Technologie vorangetrieben werden. Unterstützt durch das E-Energy-Kompetenzzentrum und die E-Energy-Begleitforschung haben die Protagonisten des EEBus und das KNX-Konsortium, das einen inzwischen weit verbreiteten Standard im Bereich der Haus- und Gebäudesystemtechnik vertritt, eine Allianz für Smart-Energy-Solutions gegründet. Diese gemeinsame Initiative soll weltweit den Standard für die Verbindung des Smart Homes mit dem Smart Grid setzen. Inzwischen wird der EEBus in den IEC-Gremien diskutiert und hat gute Chancen, dieses Ziel zu erreichen.

Betrieben gibt, weder aus Unachtsamkeit und menschlichem Versagen noch bewusst außerhalb eines vereinbarten oder legalen Rahmens. Umgekehrt dürfen die notwendigen Schutzmechanismen nicht die Entwicklung sinnvoller Anwendungen und Geschäftsmodelle blockieren.

### Die Kosten, der Nutzen und die Akzeptanz der Akteure

Die Energiewende wird es nicht zum Nulltarif geben. Über die Kosten des Übergangs zu einer sicheren, weitgehend auf Basis erneuerbarer Energien betriebenen Stromversorgung gibt es bisher nur grobe Schätzungen. Mitunter ist die Rede von 500 Mrd. Euro für Investitionen in die neuen Erzeugungsanlagen und den Aus- und Umbau der Übertragungs- und Verteilnetze. Die Netze schlagen dabei mit ca. 10 % zu Buche. Die in E-Energy entwickelten und getesteten Technologien schaffen Voraussetzungen, um volatile Energieerzeuger kontrolliert in das Verteilnetz zu integrieren. Dies alles wird nur möglich sein, wenn Wirtschaft und Gesellschaft bereit sind, ihren Teil dazu beizutragen.

#### Attraktive Angebote für gewerbliche Verbraucher

Im gewerblichen Bereich gibt es sowohl erhebliche Energieeinsparungs- als auch Lastverschiebungspotenziale. Mit der politischen Forderung zur Etablierung von Energiemanagementsystemen (DIN/EN 16001 bzw. ISO 50001) rücken auch zunehmend strategische Überlegungen in den Fokus energiereicher Betriebe. Für viele Betriebe wird es zunehmend interessant, Strom selbst z. B. in kleinen KWK-Anlagen zu erzeugen und – soweit er nicht selbst verbraucht wird – geregelt in das Netz einzuspeisen.

Erste Erfahrungen bezüglich der Einbindung von gewerblichen Kunden zeigen zwar, dass eine Anfangskepsis überwunden werden muss, um Eingriffe in die Betriebsabläufe zuzulassen. Speziell ein Demand-Side-Management zur Lastverschiebung mit Vermarktung der entstandenen Flexibilität kann für die Stromkunden wirtschaftlich attraktiv sein, wenn die verschiebbaren Lasten groß genug sind und die direkte Laststeuerung im Betriebsablauf akzeptabel ist. Dies ist vor allem bei den Kühlanlagen im Lebensmitteleinzelhandel und in der Gastronomie der Fall. Allerdings können die theoretischen Lastverlagerungspotenziale bei Prüfung der tatsächlichen Erschließbarkeit auf einen Bruchteil schrumpfen. So ergab z. B. die moma-Kältespeicher-Studie, dass sich nur etwa 10 Prozent der installierten Kühlleistung tatsächlich eignen. Auf Basis der Potenzialanalyse hat MeRegio neben kälteintensiven vor allem kunststoff- und metallverarbeitende

Betriebe für den Feldtest ausgewählt. Bei Letzteren gibt es neben dem Verschiebungspotenzial ein hohes Reduktionspotenzial beim Stromverbrauch und damit einhergehend auch in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Anders als bei Haushalten, wo in der Regel mittels Zeittarifen ein hohes Maß an Flexibilität geboten wird, werden im gewerblichen Kontext auch Konzepte für die direkte Ansteuerung von Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen entwickelt. Dabei wurden in den Modellprojekten erste Erkenntnisse zur Steigerung der Akzeptanz gewonnen:

- › Wenn Tarife in ihrer Struktur zu kompliziert sind, wird für die Unternehmen der Transaktionsaufwand oft zu hoch und die Akzeptanz sinkt.
- › Eingriffe in funktionierende Prozesse sind aufwändig und fehlende personelle Kapazitäten lassen es kaum zu, sich um die Lastverschiebung zu kümmern. Gute fachliche Unterstützung in Form von Dienstleistungspaketen kann hier Abhilfe schaffen.
- › Speziell bei Kühlanlagen kann es zur Verkürzung der Haltbarkeit von Lebensmitteln, zu Beschwerden von Beschäftigten oder Kunden über schlechte Klimatisierung oder zu Produktionsunterbrechungen in der Industrie kommen. Haftungsfragen spielen deshalb sowohl auf der Seite der Anlagenbetreiber als auch auf der Seite der Versorgungsunternehmen eine Rolle. Eine enge Zusammenarbeit aller Beteiligten ist Voraussetzung, um diese Barrieren abzubauen.

In allen Fällen bedarf die Umsetzung wirksamer Lastmanagementkonzepte einer guten technischen Beratung und der Installation automatischer Steuerungssysteme, wie sie vor allem im Rahmen von eTelligence und MeRegio entwickelt und getestet wurden.

#### Haushaltskunden schwer zu gewinnen

Die Motive privater Haushalte zur Teilnahme an den Feldtests der Modellregionen sind sehr unterschiedlich. Für die meisten ist der Grund allerdings die erwartete Kostenersparnis – sei es in Form der Einsparung beim Stromverbrauch oder durch die intelligente Nutzung von Zeittarifen. Die derzeitigen Potenziale sind hier allerdings deutlich beschränkt. Aktuell kann davon ausgegangen werden, dass für Privatkunden mit durchschnittlichem Verbrauch (rund 3500 kWh/a) durch eine Reduzierung des Verbrauchs um 2–3 Prozent und die Nutzung zeitvariabler Tarife jährliche Einsparungen im

Bereich von 70 Euro zu erzielen sind. Falls Klein-BHKWs, Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen einbezogen werden, kann sich der wirtschaftliche Vorteil auf über 100 Euro, in idealen Fällen bis 500 Euro pro Jahr steigern. Wirtschaftliche Effekte durch Netz- oder Beschaffungsanreize bei Lastverlagerung wurden nicht quantifiziert.

Dass die meisten Haushalte an den Modellprojekten auf die Anreize reagierten (siehe S. 36), liegt auch an der Auswahl der Teilnehmer. Vielen Konsumenten war es wichtig, einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz zu leisten oder eine neue Technologie als „Pionierkunde“ zu erleben. Insgesamt zeigen die Feldtests, dass regionale Stromprodukte die Vorbehalte der Kunden offensichtlich abbauen können. Darüber hinaus sind für die Steigerung der Akzeptanz von E-Energy-Technologien im privaten Umfeld vor allem folgende Aspekte von Bedeutung:

### Smartes Zugehen auf Smart-Grid-Kunden

- ▶ Lange Abwesenheitszeiten von zu Hause machen eine manuelle Nutzung von Niedrigpreiszeiten schwierig. Auch nach dem Abklingen des Interesses für das Neue nimmt die Bereitschaft zum manuellen Schalten deutlich ab. Eine Ausrüstung mit intelligenten Anlagen wie Energiemanagern, die selbständig auf Basis von Preissignalen und in Kenntnis von deren Betriebszuständen die Endgeräte steuern, ist unabdingbar.
- ▶ Bei technisch weniger bewanderten Verbrauchern besteht oft die Angst, bei einer weiteren Technisierung und einer automatischen Steuerung von Geräten die Kontrolle in ihrem Haushalt zu verlieren. Einfache und leichte Bedienbarkeit sind Grundvoraussetzung für die Akzeptanz in der breiten Bevölkerung. Wichtig ist auch, dass immer die Möglichkeit besteht, die Geräte wie gewohnt manuell zu schalten.
- ▶ Die Technik wird nur Akzeptanz finden, wenn sie hinreichend ausgereift und sicher ist sowie Verantwortlichkeiten im Falle einer Störung klar geregelt sind. Hier sind Hersteller gefragt, Lösungen zu entwickeln, die Sicherheit und Komfort erhöhen, sowohl gerätespezifisch (Überhitzungsschutz, Warmmeldungen zu defekten Teilen etc.) als auch systemintegriert (Smart-Home-Ansatz).
- ▶ Die Integration der Laststeuerung in die sich schnell entwickelnde Hausautomatisierungstechnik bietet gute Ansätze zur Akzeptanzsteigerung, da sie dann einher-

geht mit Vorteilen bezüglich Effizienz und Komfort sowie Sicherheit vor z. B. Einbruch und Diebstahl.

- ▶ Das Thema Datenschutz ist sehr ernst zu nehmen (siehe dazu S. 34). Eine Umfrage unter 1.321 Einwohnern Deutschlands im Rahmen des EU-Projekts Smart-A zeigt allerdings, dass Kunden nur zu einem unerwartet geringen Prozentsatz hierüber besorgt zu sein scheinen und das Vertrauen in die jeweiligen Energieversorger größer als erwartet ist. Dennoch kann und muss den Kunden klar dargelegt werden, welche Daten wo verschlüsselt werden und wer Zugang dazu hat. In den realisierten Modellen müssen keine kompletten Verbrauchsprofile das Haus verlassen.
- ▶ Informationen von Seiten der Energiewirtschaft und der profitierenden Hersteller werden oft als nicht glaubhaft empfunden. Neue Tarife werden mit Skepsis hinsichtlich der zu erzielenden Vorteile auf Kundenseite betrachtet. Die Information der Bevölkerung über die Funktionen und Vorteile von Smart Grid sollten möglichst in Zusammenarbeit mit unabhängigen Instituten, politischen Stellen und Verbraucherschutzorganisationen erfolgen. Energiespartipps und neutrale Verbraucherinformationen wecken Vertrauen und erhöhen das Interesse.
- ▶ Haben die Kunden das Gefühl, ihrer Stadt oder ihrer Region zu helfen, sind sie am ehesten für die neuen Angebote zu begeistern.
- ▶ Strategien zur Einführung von E-Energy-Technologien müssen die unterschiedlichen Bedürfnisse und Haltungen der Konsumenten berücksichtigen. Kunde ist nicht gleich Kunde. Grob gesagt, können in einer ersten Runde nach Emanzipation und Selbstverwirklichung strebende sowie technikbegeisterte Kunden erreicht werden. In einer zweiten Runde dann solche, die sozialökonomische Prinzipien verfolgen und an Veränderungen insgesamt interessiert sind. Entsprechend den Erwartungen dieser Gruppen sind Kommunikation und Marketing zu gestalten.

### Nutzen für die Netzbetreiber

Dass die Befriedigung stochastisch auftretender Steuerungsbedürfnisse im Verteilnetz und knotenscharf in einzelnen Netzbereichen durch E-Energy-Technologie technisch machbar ist, konnte von den Modellprojekten bereits gezeigt werden. In welchem Umfang es möglich und inwiefern es die kostengünstigste Lösung ist, muss noch eingehender untersucht werden. Unter Verwendung der in E-Energy entwickelten

elektronischen Marktplattformen können jedoch Aggregatoren die benötigten Dienstleistungen erbringen und beispielsweise den Verteilnetzbetreibern garantierte Leistungsflexibilitäten zur Kompensation von dezentralen Einspeisespitzen anbieten. Die notwendigen finanziellen Spielräume für solche Geschäftsmodelle könnte die Flexibilisierung der Netzentgelte bieten, sei es in Form von variablen oder in Form von gesonderten Netzentgelten, wie sie von der Bundesnetzagentur favorisiert werden.

Ein Hindernis könnten die zeitlichen Anforderungen an das Regelungssystem sein. Die Volatilität der erneuerbaren Energien muss entweder sehr genau vorhergesagt werden – was nur in beschränktem Umfang möglich ist – oder Erzeuger und Verbraucher müssen orts- und zeitscharf gesteuert werden. Dies soll möglichst über Marktsignale erfolgen, die jedoch wegen des Erfordernisses der Diskriminierungsfreiheit an alle möglichen Anbieter geeigneter Ausgleichsoptionen gesendet werden müssen. Die daran angeschlossenen Verhandlungen können selbst auf elektronischen Marktplätzen zu lang dauern, um rechtzeitig bei Netzinstabilität gegenzusteuern.

### Gute Gründe für frühes Handeln

In dieser Situation beschäftigen sich innovative Netzbetreiber und Stromanbieter aus unterschiedlichen Gründen mit den E-Energy-Technologien:

- ▶ In einigen Regionen stellen die dezentralen Erzeuger schon jetzt die Netzbetreiber vor ernsthafte Herausforderungen. Mit den bereits jetzt verfügbaren Technologien und mit den Erfahrungen aus den E-Energy-Modellregionen stehen Alternativen zu konventionellen Anpassungen der Netzinfrastruktur zur Verfügung.
- ▶ In einigen Bereichen, speziell bei der Versorgung von kommunalen und gewerblichen Betrieben, lassen sich schon jetzt für Versorger wie Kunden gleichermaßen lukrative Konstellationen darstellen.
- ▶ Die Privatkunden erwarten von ihrem Stromversorger – speziell wenn es sich dabei um ein Stadtwerk oder einen Regionalversorger handelt – wirksame und sichtbare Beiträge zur Gestaltung der Energiewende.



Insgesamt wird es im Bereich der Energiewirtschaft zu erheblichen Veränderungen kommen. Nach übereinstimmender Einschätzung in der Industrie werden vor allem die IKT-basierten Smart-Grid- und Smart-Home-Anwendungen einen riesigen Markt darstellen. Neue Marktrollen könnten entstehen und neue Marktteilnehmer treten auf den Plan. Dabei ist noch unklar, wie viele von deren Angeboten der Regulierung unterliegen werden und welche am freien Markt angeboten werden, ohne den diskriminierungsfreien Zugang zur intelligenten Infrastruktur zu verhindern. Hier gilt es für die aktuellen Marktteilnehmer, rechtzeitig Erfahrungen zu sammeln und in die Entscheidungsprozesse einzubringen, um nicht von der rasanten Entwicklung überholt zu werden. Neben der Frage nach dem Nutzen für einzelne Akteure stellt sich auch die volkswirtschaftliche Frage nach dem Nutzen für das Gesamtsystem: Welche Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen können durch smarte, dezentrale Flexibilität eingespart werden? Modellrechnungen in eTelligence zeigen, dass diese Einsparung in der Zukunft stark ansteigt, wenn der Anteil der fluktuierenden erneuerbaren Energien zunimmt.

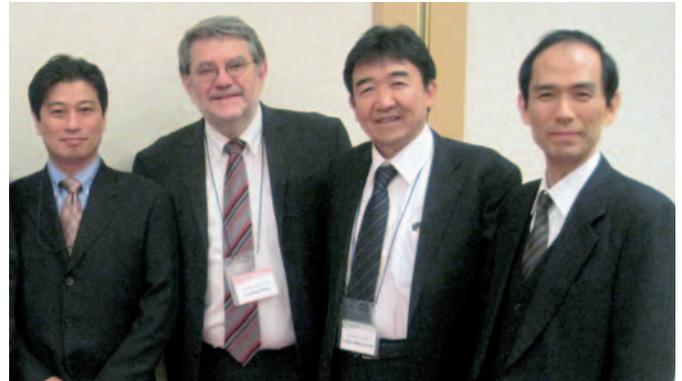
Deutschland ist nicht allein bei der Entwicklung der Smart Grids. Weltweit gibt es intensive Bestrebungen, die Stromversorgung effizienter und sicherer zu machen. Die Voraussetzungen und die eingesetzten Technologien sind zwar von Land zu Land sehr unterschiedlich, aber viele der in E-Energy entwickelten Modelle und Lösungen lassen sich auf all diese Fälle übertragen. So hat sich der mit der Ausschreibung des Förderprogramms kreierte Kunstname „E-Energy“ weit über Deutschland hinaus als Synonym und generischer Gattungsbegriff für die umfassende digitale Vernetzung und Optimierung des Energieversorgungssystems etabliert.

# SMART GRIDS: DIE INTERNATIONALE DIMENSION

## Deutschland als Vorreiter für Smart Energy

Die E-Energy-Modellregionen werden als die Avantgarde der deutschen und internationalen Entwicklung eines Internets der Energie gesehen. So können deutsche Unternehmen dank des durch E-Energy erzielten Vorsprungs weltweit eine Führungsrolle einnehmen. Die Experten aus den Modellprojekten und der Begleitforschung sind gefragte Referenten bei vielen Konferenzen in Europa und Übersee. Inzwischen wurden mehrfach Kooperationsvereinbarungen zwischen E-Energy-Konsortialpartnern und großen internationalen Unternehmen geschlossen.

Besonders eng ist die Zusammenarbeit der Smart-Grid-Entwickler im deutschsprachigen Raum. In der sogenannten D-A-CH-Kooperation, die anlässlich des 1. E-Energy-Kongresses im November 2009 geschlossen wurde, arbeiten deutsche, österreichische und schweizerische Modellregionen, Verbände, Forschungsinstitutionen bis hin zu verantwortlichen Ministerien in der Entwicklung IKT-basierter Energiesysteme zusammen. Neben der gemeinsamen Entwicklung konvergenter intelligenter Elektrizitätsnetze hat sich auch die Systemintegration von Elektromobilität als zentraler Kooperationspunkt herauskristallisiert. Auf gemeinsamen Workshops werden in Task-Forces Querschnittsthemen wie Normung und Standardisierung, Daten und Recht sowie Geschäfts- und Marktmodelle bearbeitet und diskutiert. Gemeinsame Vorgehensweisen und Erkenntnisse können dann mit den sogenannten Koordinatoren von D-A-CH abgestimmt und dem Steering Committee, bestehend aus Vertretern aus verantwortlichen Ministerien in allen drei Ländern, weitergeleitet



E-Energy und die Ergebnisse des Förderschwerpunkts IKT für Elektromobilität wurden anlässlich des Deutsch Japanischen Umweltdialogs in Tokyo einem interessierten Publikum vorgestellt. V. l.n.r.: Eiji Ohira (NEDO), Ludwig Karg (B.A.U.M.), Yutaka Matsumoto (Toyota Motor Corporation), Hiroshi Watanabe (NEDO).

werden. So entsteht eine umfassende Informationslage bezüglich der Forschungs- und Demonstrationsaktivitäten in den entsprechenden Ministerien, die es der Schweiz, Österreich und Deutschland ermöglicht, ihre Innovationspolitiken im Bereich Smart Grids sinnvoll zu koordinieren und zu kombinieren.

Die institutionalisierte Zusammenarbeit hat bereits zu ersten konkreten Ergebnissen geführt. So konnte man sich darauf verständigen, dass alle Feldtestkunden in allen drei Ländern den gleichen Fragebogen vor Beginn des Testbetriebs erhalten. So kann eine Grundlage für die Vergleichbarkeit der einzelnen Modellregionen über Landesgrenzen hinweg gelegt werden. In der Task Force Daten werden vor allem Vorschläge für notwendige Regulierungsmaßnahmen gesammelt, weiterentwickelt sowie sinnvolle Verbreitungsmechanismen diskutiert. Im Rahmen der Kooperation soll auch ein Vergleich der Eichrechtssituationen erstellt werden. In den Workshops bezüglich Normung und Standardisierung werden innovative Anwendungsfälle (use cases) betrachtet und die dafür geeigneten Systemarchitekturen diskutiert. E-Energy ist gut in internationalen Gruppierungen vertreten. Vertreter der Modellprojekte und der Begleitforschung engagieren sich in den Aktivitäten des International Smart Grid Action Networks (ISGAN), der European Energy Grid Initiative (EEGI) und der European Technology Platform for Electricity Networks of the Future (SmartGrids ETP). Und über internationale Förderprojekte wie z. B. FINSSENY (Future Internet for Smart Energy) werden die Erkenntnisse der E-Energy-Projekte auch anderen Forschern und Entwicklern nahegebracht.



Die chinesische Delegation aus Wirtschaft und Industrie macht Station in Aachen und bekommt von Lutz Steiner (TU Darmstadt, E-Energy Begleitforschung) und Peter Kellendonk (Kellendonk Elektronik/E-Energy-Modellprojekt Smart Watts) die deutschen E-Energy-Entwicklungen demonstriert.

„Wir haben fünf Säulen des Energie-Internets identifiziert. Säule eins ist die Produktion sauberer Energie aus Wind, Sonne und anderen erneuerbaren Quellen, um Uran, Erdöl und Kohle zu ersetzen. Zweitens sieht man heute schon den Trend, dass sich die Energieherstellung dezentralisiert. Potenziell ist jedes Gebäude ein eigenes Kraftwerk, die Bedeutung der alten Großanlagen nimmt ab. Weil aber die regenerative Energie oftmals vom Wetter abhängt und unregelmäßig anfällt, braucht man drittens neue Energiespeicher. Wasserstoff könnte hier das entscheidende Medium sein. Säule vier: das intelligente Stromnetz, welches hunderttausende Stromproduzenten und -verbraucher so miteinander verknüpft, dass sich Energieangebot und -nachfrage ausgleichen. In Deutschland wird dieses Energie-Internet bereits an acht Orten getestet. Und fünftens: Hier wurde das Auto erfunden. Warum sollten Ihre Unternehmen nicht auch führend werden bei den Elektroautos der Zukunft, die ohne Öl fahren? Wenn man alle fünf Säulen heute gemeinsam betrachtet, liegt Deutschland eindeutig vorne.“

JEREMY RIFKIN, US-AMERIKANISCHER SOZIOLOGE UND ÖKONOM,  
VORSITZENDER DER FOUNDATION ON ECONOMIC TRENDS  
(ZITIERT NACH DER MÄRKISCHE ALLGEMEINEN VOM 26.09.2011)

### Aktive Beteiligung an der internationalen Standardisierung

Das E-Energy-Kompetenzzentrum bei VDE/DKE bietet eine gute Plattform für die Abstimmung und ein einheitliches internationales Auftreten der E-Energy-Entwickler. Durch die enge Verflechtung der DKE mit den internationalen Normungsorganisationen (insbesondere CEN, CENELEC, ETSI



Unterzeichnung des EEBus Kooperationsabkommens in Korea durch Vertreter von Smart Watts.

und IEC) und die Beteiligung an den Standardisierungsmandaten M/490, M/441, M/468 wurde viel erreicht: Einerseits sind die (internationalen) Normungs-Entwicklungen auf dem Themenfeld Smart Grids in den E-Energy-Modellregionen weitgehend bekannt und können beachtet werden. Andererseits wird sichergestellt, dass die in Deutschland im Rahmen von E-Energy entwickelten Lösungsvorschläge in die nationalen und von dort aus in die internationalen Normungsgremien hineingetragen werden.

Die bereits sehr erfolgreich auf zahlreichen Messen, Konferenzen und im Internet eingesetzte „E-Energy-Animation“ wurde auf Bitten der DKE um das Thema Normung erweitert und in dieser Form und in englischer Sprache als DKE-Beitrag unter dem Leitmotiv Smart Grid/E-Energy auf der IEC-Generalversammlung im Herbst 2010 in Seattle präsentiert.

### Organisation der D-A-CH-Kooperation

#### Steering Committee

- › Zielausrichtung und
- › Governance der Kooperation

#### D-A-CH-Koordinatoren

- › Koordination der Task-Forces
- › Unterstützung des Steering Committees und Impulsgeber
- › Erstellung Arbeitsprogramm in Kooperation mit den Task-Force-Leitern

#### Task-Forces

- › Themenbezogene Arbeitsgruppen aus Vertretern der nationalen Arbeitsgruppen
- › Abstimmung der themenbezogenen nationalen Ergebnisse und Positionen
- › Erarbeitung und Umsetzung Smart-Grids-D-A-CH-Arbeitsprogramm

# KONTAKTE

## Die Modellregionen

### eTelligence (Modellregion Cuxhaven)

*Dr. Tanja Schmedes*, EWE Aktiengesellschaft  
Donnerschweer Straße 22–26, 26123 Oldenburg  
E-Mail: [info@etelligence.de](mailto:info@etelligence.de)  
[www.etelligence.de](http://www.etelligence.de)

### E-DeMa (Modellregion Rhein-Ruhr)

*Prof. Dr. Michael Laskowski*, RWE Deutschland AG,  
Kruppstraße 5, 45128 Essen  
E-Mail: [michael.laskowski@rwe.com](mailto:michael.laskowski@rwe.com)  
[www.e-dema.com](http://www.e-dema.com)

### MeRegio (Modellregion Baden-Württemberg)

*Hellmuth Frey*, EnBW Energie Baden-Württemberg AG  
Durlacher Allee 93, 76131 Karlsruhe  
E-Mail: [h.frey@enbw.com](mailto:h.frey@enbw.com)  
[www.meregio.de](http://www.meregio.de)

### Modellstadt Mannheim (Modellregion Rhein-Neckar)

*Andreas Kießling*, MVV Energie AG  
Technologie & Innovation  
Luisenring 49, 68159 Mannheim  
E-Mail: [a.kiessling@mvv.de](mailto:a.kiessling@mvv.de)  
[www.modellstadt-mannheim.de](http://www.modellstadt-mannheim.de)

### RegModHarz (Regenerative Modellregion Harz)

Regionale Kontaktstelle RegModHarz  
Kirchplatz 241a, 38836 Dardesheim  
E-Mail: [info@regmodharz.de](mailto:info@regmodharz.de)  
[www.regmodharz.de](http://www.regmodharz.de)

### Smart Watts (Modellregion Aachen)

*Robert Delahaye*, utilicount GmbH & Co. KG  
Grüner Weg 1, 52070 Aachen  
E-Mail: [r.delahaye@utilicount.com](mailto:r.delahaye@utilicount.com)  
[www.smartwatts.de](http://www.smartwatts.de)

## Begleitforschung

### Gesamtleitung und Koordination

*Ludwig Karg*, B.A.U.M. Consult GmbH  
Gotzinger Str. 48/50, 81371 München  
E-Mail: [e-energy@baumgroup.de](mailto:e-energy@baumgroup.de)

### Wissensmanagement und Evaluation

*Michael Wedler*, B.A.U.M. Consult GmbH  
Fanny-Zobel-Straße 9, 12435 Berlin  
E-Mail: [e-energy@baumgroup.de](mailto:e-energy@baumgroup.de)

*Dr. Andreas Schindler*, incowia GmbH,  
Albert-Einstein-Str. 3, 98693 Ilmenau  
E-Mail: [e-energy@incowia.com](mailto:e-energy@incowia.com)

### Dokumentation und Transfer

*Daniel Krupka*,  
LoeschHundLiepold Kommunikation GmbH  
Linienstr. 154a, 10115 Berlin  
E-Mail: [e-energy@lhk.de](mailto:e-energy@lhk.de)

### Wissenschaftliche Begleitung

*Prof. Dr. Thomas Hartkopf, Lutz Steiner  
und Alexander von Scheven*,  
Technische Universität Darmstadt,  
Institut für Elektrische Energiesysteme,  
Forschungsgruppe Regenerative Energien  
Landgraf-Georg-Str. 4, 64283 Darmstadt  
E-Mail: [e-energy@re.tu-darmstadt.de](mailto:e-energy@re.tu-darmstadt.de)

*Prof. Dr. Manfred Broy*,  
Technische Universität München  
Lehrstuhl für Software & Systems Engineering  
Boltzmannstr. 3, 85748 Garching bei München  
E-Mail: [e-energy@in.tum.de](mailto:e-energy@in.tum.de)





