

Tagungen von VDE und dena in Dresden und Berlin

## Wandel der EU-Stromversorgung

Die Liberalisierung des Strommarktes in der EU macht den Strom zur Handelsware. Den Übergang zu einer klimafreundlichen Energieversorgung kennzeichnet eine CO<sub>2</sub>-freie oder -geminderte Stromproduktion. Beides erfordert langfristige Veränderungen in Netzstruktur und Stromerzeugung. Der technisch-wissenschaftliche Verband für Elektrotechnik (VDE) und die Deutsche Energie-Agentur (dena) informierten über den bereits begonnenen Wandel.

### Tagungen mit zwei Zielen

Der nachstehende Bericht über den Wandel der Stromversorgung beruht auf zwei im November in Berlin und Dresden durchgeführten überregionalen Tagungen. Die von der dena in Berlin organisierte Veranstaltung beschäftigte sich mit den heute und morgen anstehenden technischen und wirtschaftlichen Fragen und auch mit Rechtsfragen. Sie vereinte Fachleute aus Forschung und Entwicklung, der regenerativen Energiewirtschaft, der Stromversorgungsindustrie sowie öffentlicher Institutionen zum (allerdings begrenzten) Disput.

Demgegenüber war die Zukunft der Energieversorgung auf dem Dresdener VDE-Kongress nur ein Thema von vielen. Unter der Überschrift „Betrieb von Energienetzen im Europa von morgen“ wurde referiert zu den Komplexen: Übertragungsnetze, Energiemarkt, Versorgungsqualität und innovative Betriebsmittel.

### Handelsware Strom verändert Energieversorgung

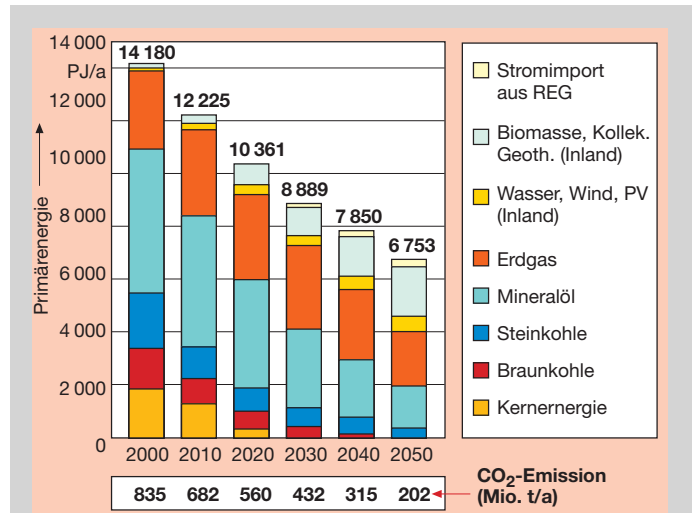
Die von der EU beschlossene Strommarktliberalisierung wurde 1998 per Gesetz verfügt und strukturell bis zum Jahr 2000 praktisch verwirklicht. Der Strom wird dem Verbraucher seitdem von einigen Hundert Strom erzeugenden und getrennt operierenden netzbetriebenden Unternehmen so preisgünstig wie möglich über eine Strombörse und eigenständige Händler angeboten. Die auf diesem Weg entwickelte Konkurrenz führte nach weltweitem Vorbild zu einem Preisdruck, der die bisherige Stromversorgung veränderte.

So wurden und werden beispielsweise Arbeitsabläufe bei Störungsbeseitigung und Wartung rationalisiert. Bessere Nutzung vorhandener Betriebsmittel sowie die Optimierung von Netzstruktu-

ren erlauben die Streckung bzw. den totalen Verzicht auf Investitionen. Auch die Stromerzeugung unterliegt dem Rationalisierungsdruck. Technologisch verbesserte Geräte und Systeme senken den Aufwand für Service und Betriebskosten. Außerdem erlauben sie erst den Übergang zu einer umweltfreundlicheren Energieversorgung. Diese Entwicklung wurde in den letzten Jahren durch neue Produkte und Systemlösungen unterstützt. Dazu gehörte die Nutzung neuer Technologien wie die Supraleitung und die Leistungselektronik für Energieübertragung und -verteilung. Gleichzeitig verstärkte sich das Angebot an dezentralen Energieerzeugungsanlagen (DEA), an der Spitze Windkraftanlagen (WKA). Dieser den Wandel der Stromversorgung gleichfalls bestimmende Trend wurde vor allem 1998 zur Hannovermesse deutlich. Erstmals setzte auch Europas Marktführer Siemens auf eine „ökologisch/ökonomisch optimierte Versorgungsstruktur“, die seitdem immer mehr die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung beeinflusst (vgl. Messebericht ep 7/98, S. 667-671).

### Übergang zu ökologischer Energieversorgung

Ökologische Stromversorgung bedeutet die Reduzierung des klimabedrohenden „Treibhausgases“ Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas) auch in Wärmekraftwerken freigesetzt wird. Folglich ist die Energiewirtschaft bemüht, die CO<sub>2</sub>-Emissionen sowohl bei der Strom- als auch bei der Wärmeerzeugung (vgl. Energiesparverordnung EnEV für den Gebäudebereich) zu senken. Ziel ist die Reduzierung des „Treibhausgases“ gegenüber 1990 bis 2050 auf 20 % (Bild 1). Die Erreichung dieses Zieles erfordert einerseits weitgehend den



1 Entwicklung des Primärenergiebedarfs, dessen Struktur und der daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen  
Quelle: UBA 2002

schrittweisen Ersatz einer Stromerzeugungstechnologie, die in ihrer etwa 100-jährigen Geschichte ein hohes Niveau erreicht hat. Das gilt nach Ansicht der Experten insbesondere für regenerative Energiequellen (REG), die mit Ausnahme von Wind- und Wasserkraftanlagen erst am Anfang ihrer Entwicklung stehen und bis zum Marktdurchbruch am Fördertopf hängen. Gleiches gilt für DEA auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), die wie die Micro-Power-Systeme teilweise noch weiter von einer kostengünstigen Serienproduktion entfernt sind (siehe Abschnitt: „Mikro-KWK vor Marktreife“).

Andererseits erfordert das neue Stromversorgungskonzept eine Umgestaltung der Netzstruktur (vgl. ep 12/02, S. 996-1001), die schon mit der Liberalisierung des Strommarktes begann. Dabei gewährleisten das europäische Verbundnetz UCTE (Union für die Koordination des Transports elektrischer Energie) und mit ihm das deutsche Stromversorgungssystem in hohem Maße und auf relativ einfache Art die Versorgungssicherheit. Großkraftwerke sichern mit ihren Regelreserven und -systemen die Stabilität von Frequenz und Spannung. Das ist auch im Zeitalter des Stromhandels nicht anders, obwohl Stromerzeuger und Netzbetreiber häufig wechseln können und jeder Stromverbraucher sekundengenau versorgt werden muss. Um die Versorgungsqualität zu erhalten, muss das Netz jedoch schrittweise an die neue Energieerzeugung über DEA angepasst werden.

### Wachstum der dezentralen Energieversorgung

Die bisher weitgehendsten Veränderungen auf dem Weg zu einer Stromversorgung mit CO<sub>2</sub>-geminderter Erzeugung zeigen die mit dem MS- oder NS-Netz gekoppelten DEA.

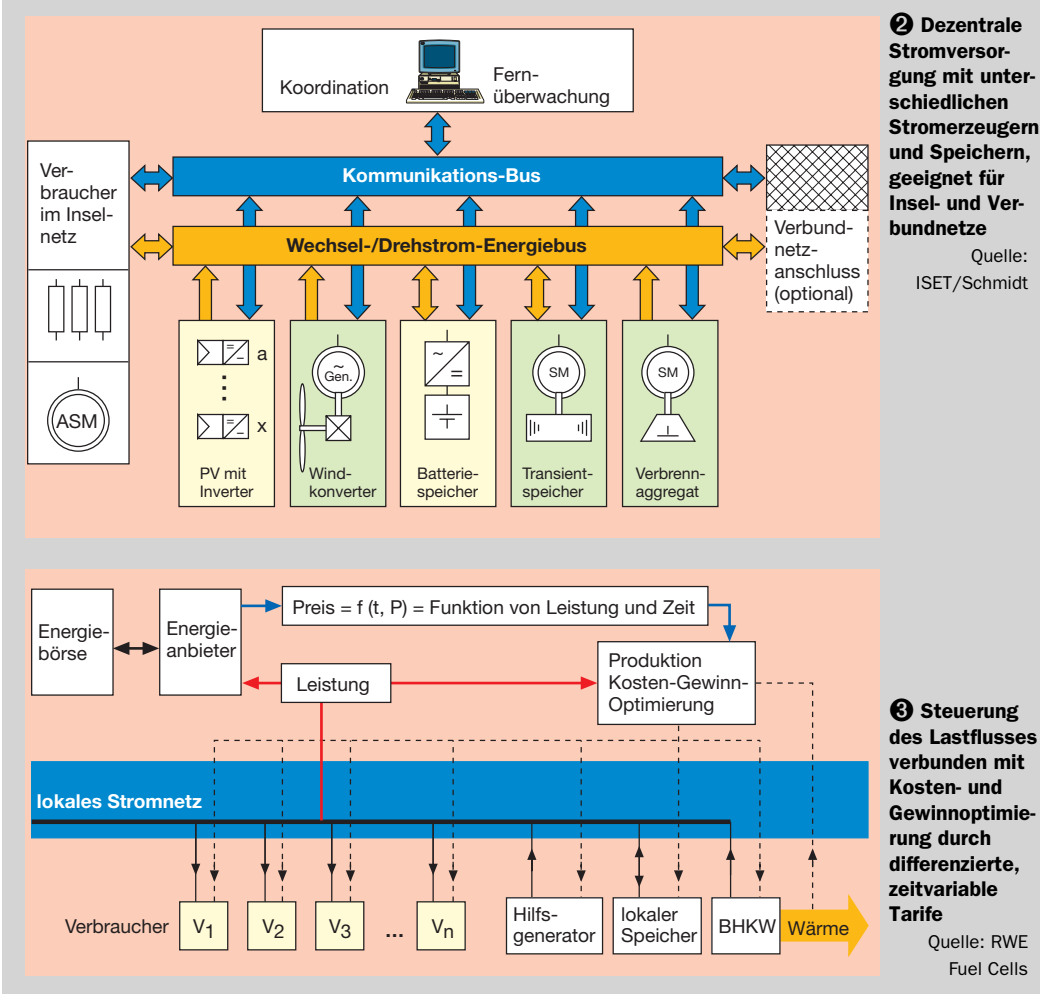
Im vergangenen Jahr stieg allein der Anteil des regenerativ gewonnenen Stromes am gesamten Stromverbrauch in Deutschland auf 7,5 %. Nationales Klimaszuchtziel ist die Erhöhung bis zum Jahr 2010 auf 12,5 % (Bild 2). Bereits heute gibt es zehntausende dieser DEA – ein wachsender Markt auch für den Elektrofachmann.

Um die dezentralen Stromerzeuger in das Netz der Zukunft integrieren zu können, sind Kommunikations- und Informationssysteme zur Steuerung und Überwachung notwendig. Sie lassen sich leicht mit Funktionen verbinden, die der liberalisierte Strommarkt erfordert: Durch Messung der Lastflüsse an allen wichtigen Schnittstellen zwischen Kraftwerken/DEA, benachbarten Netzen und Einspeisungen zu Großkunden und Regionalnetzen werden automatisch Energieabrechnungen erstellt (Bild 3). Gleichzeitig erhalten Energiemanagement-Systeme Informationen, auf deren Basis sie den Einsatz der Stromerzeuger planen (vgl. ep 12/02, S. 996-1001).

### Mikro-KWK vor Marktreife

Abgesehen vom Problemkreis WKA stand im Bereich der dezentralen, verbrauchernahen





Energieversorgung lediglich der Entwicklungsstand von Brennstoffzelle (BZ), Mikrogasturbine (MGT) und Stirlingmotor auf der Tagesordnung.

Den drei unter Micro-Power (Mikro-KWK) zusammengefassten Systemen ist gemeinsam, dass sie ihr Entwicklungspotenzial noch nicht ausreichend genutzt haben und noch zu teuer sind. Die drei Techniken verbindet ebenfalls, dass sie sich einer aussichtsreichen Perspektive als Energielieferant im Gebäudebereich nähern. Dabei wird dem Stirlingmotor vor allem dann eine baldige Kommerzialisierung zugetraut, wenn außer Erdgas auch der Einsatz von Biomasse als Wärmelieferant möglich wird.

Von besonderem Interesse war die MGT (auch als MT bezeichnet). Herausgestellt wurde ihre Fähigkeit, im Leistungsbereich von 25 bis 200 kW<sub>el</sub> mit Blockheizkraftwerken (BHKW) zu konkurrieren. Da die Abgas-temperatur der MGT erheblich über der motorisch betriebener BHKW liegt, sind erweiterte Einsatzbereiche möglich (Kühlung via Adsorption, Gewerbe mit Wärmebedarf). Marktführer Capstone hat bereits 1700 MGT geliefert, ist aber wie seine Konkur-

renten noch nicht in den Bereich einer kostengünstigen Serienfertigung vorgedrungen.

Inzwischen wurde auch in Berlin eine MGT installiert. Sie ist Bestandteil des innovativen Energieversorgungskonzepts in der NRW-Landesvertretung, das in Kooperation zwischen dem Bundesland und der RWE Fuel Cells realisiert wurde. Kern der Demonstrations- und Testanlage ist die Energiegewinnung durch eine MGT, die Ende des Jahres durch eine Brennstoffzelle (BZ) mit ebenfalls etwa 30-kW<sub>el</sub> ergänzt wird. Die Vorteile dieser Kombination beschreibt F. Busch-sieweke von der RWE-Tochter insbesondere mit der hohen Flexibilität bei Laständerung (Wärme und Strom), mit der hohen Versorgungssicherheit durch Redundanz und der Inselbetriebsfähigkeit. Im Vergleich zu einer reinen BZ-Anlage erwartet er geringere Investitionskosten.

### Rasantes Wachstum der Leistung aus WKA

Auf beiden Tagungen waren WKA ein breit behandeltes Thema. Ein Schwerpunkt war dabei die Erschließung des Offshore-Bereichs (auf See), da bis etwa 2010 in Deutschland praktisch alle geeigneten und von den Bewohnern akzeptierten Standorte an Land (onshore) erschlossen sein werden. Vorgestellt wurden Konzepte für Windparks bis 600 MW, die die Energie im Mittelspannungsbereich sammeln und den Strom über ein Hochspannungskabel (150-200 kV) an die bis zu 120 km entfernte Küste übertragen. Alternativ werden Drehstrom- und Gleichstromübertragungen angeboten. Der Bau erster Anlagen im deutschen Küstenbereich wird vorbereitet. Ein erster für den Offshore-Einsatz geplanter Windkonverter der 5 MW-Klasse wird bereits an Land im Dauerbetrieb getestet.

Ausgehend von den Ausbauplänen der Windenergiebranche soll sich die installierte Leistung in Deutschland von gegenwärtig mehr als 10 000 MW beispielsweise bis zum Jahr 2030 auf Werte zwischen 45 000 und 50 000 MW erhöhen (Quelle: Deutsches Windenergieinstitut). Ab diesem Zeitpunkt soll der überschüssige Strom auf elektrolytischem Weg aus Wasser (H<sub>2</sub>O) Wasserstoff (H<sub>2</sub>) liefern, den Energieträger der Zukunft. Darauf aufbauend können dann Brennstoffzellen im

reicht (auf See), da bis etwa 2010 in Deutschland praktisch alle geeigneten und von den Bewohnern akzeptierten Standorte an Land (onshore) erschlossen sein werden. Vorgestellt wurden Konzepte für Windparks bis 600 MW, die die Energie im Mittelspannungsbereich sammeln und den Strom über ein Hochspannungskabel (150-200 kV) an die bis zu 120 km entfernte Küste übertragen. Alternativ werden Drehstrom- und Gleichstromübertragungen angeboten. Der Bau erster Anlagen im deutschen Küstenbereich wird vorbereitet. Ein erster für den Offshore-Einsatz geplanter Windkonverter der 5 MW-Klasse wird bereits an Land im Dauerbetrieb getestet.

Gegensatz zur Versorgung mit Erdgas ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen Strom liefern, beispielsweise zur Deckung von Lastspitzen und zur Überbrückung von Windstillen.

Zur Vorbereitung dieser Technologie wurden aufbauend auf mehrjährigen Entwicklungen und Langzeittests zwischenzeitlich erste Prototypen leistungsfähiger Elektrolyseure und Druckspeicher für Wasserstoff und Sauerstoff geschaffen. Sie gehören zu einem System, mit dem in naher Zukunft zunächst leistungsschwächere Energiespeicher im Netz- und Inselbetrieb erprobt werden.

### Netzprobleme durch WKA

Auf beiden Tagungen kamen Referenten des Energiekonzerns E.ON zu Wort, die sich mit Unterstützung des Instituts für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der RWTH Aachen in letzter Konsequenz gegen die rasante Steigerung der Windenergieleistung aussprachen.

Bereits heute besteht in einzelnen Netzabschnitten ein erheblicher Mehrbedarf an einer den Strompreis erhöhenden Ausgleichsleistung und -energie (Regelreserven). Ursache sind Abweichungen von der Prognose, aber auch Schwankungen der WKA-Leistungen um ihren Tages- bzw. Quartalsmittelwert. So liegt in der Regelzone der E.ON Netz GmbH bereits beim heutigen Anteil an WKA von rund 4 GW der Mehrbedarf in einer Größenordnung, die dem herkömmlichen Bedarf zum Ausgleich von Lastschwankungen entspricht.

Sollte sich die oben zitierte Prognose bewahrheiten, dass bereits Ende des Jahrzehnts die Gesamtleistung der WKA auf annähernd 30 000 MW angewachsen ist, könnte die zunehmende Verteuerung der Stromerzeugung nicht das einzige Problem sein. Um den ansteigenden Ausgleichsbedarf an Leistung und Energie weiterhin abzudecken und damit die Versorgungsqualität aufrechtzuerhalten, könnten nach Ansicht der Experten die vorhandenen Reservekraftwerke möglicherweise nicht ausreichen. Eine ausführliche Diskussion dazu sollte Thema der nächsten einschlägigen dena-Präsentation sein – weitere Tagungen wurden ohnehin in Aussicht gestellt.

Dabei könnte auch geklärt werden, inwieweit die Schwankungsbreite des Windangebots durch ein gesamtdeutsches und europaweites Stromangebot aus WKA



reduziert werden kann und inwiefern die Stabilisierungs- und Steuerungsmöglichkeiten moderner WKA zur Problemlösung einen Beitrag leisten können.

### **Konventionelle Kraftwerke sind unverzichtbar**

Die Zielstellungen auf dem Weg zu einer ökologischen, d. h. nachhaltigen Energieversorgung orientieren sich bis 2050 noch nicht hin zu einer Stromversorgung ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen. Sie gehen davon aus, dass vor dem Übergang zu einer weitverbreiteten Versorgung mit dem Energieträger Wasserstoff auch konventionelle Kraftwerke unverzichtbar sind – ein Thema, das auf der dena-Tagung nicht fehlen durfte. Ausgangspunkt für ein modernes Konzept konventioneller Stromversorgung ist zunächst der schon seit Jahren anhaltende Verzicht auf neue Kernkraftwerke und damit verbunden die Stillsetzung innerhalb der nächsten 20 Jahre (Stromanteil 2000: 18,5 %). Dadurch und durch die unumgängliche Stilllegung älterer und

damit verschlissener Wärmekraftwerke konventioneller Bauart gehen die derzeitigen Energiekonzepte (Szenarien) davon aus, dass bis 2020 rund 70 % der heute verfügbaren Kapazitäten ersetzt werden. Das bedeutet die Ablösung einer großen Anzahl von kohlebefeuterten Kondensationskraftwerken – also ausschließlich Stromlieferanten mit Wirkungsgraden von rund 32 %. Nur wenige moderne Großkraftwerke überregionaler Energieversorger erreichen 42 bis 45 % und werden vermutlich bis zur Mitte des Jahrhunderts Strom liefern.

Anstelle verschlissener Kraftwerke einschließlich Kernkraftwerken übernehmen REG einen Teil der Stromversorgung. Daneben füllen KWK-Systeme unterschiedlichster Leistungen einen Teil der Lücke, wobei der hohe energetische Wirkungsgrad und das zum Antrieb benutzte wasserstoffreiche Erdgas die CO<sub>2</sub>-Emissionen merklich reduzieren. Letzteres gilt auch für Großkraftwerke vom GuD-Typ (gasbetriebenes Kraftwerk mit Gas- und nachgeschalteter Dampfturbine), die auch Wärme auskoppeln

können. Ihr elektrischer Wirkungsgrad liegt derzeit bei 58 %. Bis 2005 wollen Forscher die 60 %-Grenze erreichen. Gleichzeitig eröffnet die Investitionsmittel sparende GuD-Technologie möglicherweise einen neuen Weg zu wirtschaftlicheren Kohlekraftwerken mit deutlich geminderten Emissionen.

### **Wandel in Europa**

Da das Ausland nicht zu Wort kam, beschränkte sich die Berliner Tagung im wesentlichen auf die Entwicklung in Deutschland. Das ist nicht verwunderlich, denn die Bundesrepublik ist der heimliche Marktführer in der EU. Es beschäftigen sich jedoch in ganz Europa eigenständige Initiativen und namhafte Hersteller mit WKA, solarthermischen Kraftwerken, DEA unterschiedlichen Typs und anderen Elementen einer umweltfreundlichen Stromversorgung. Inzwischen existieren eine Reihe von gemeinsamen EU-Projekten, die die Aktualität des Problems für ganz Europa untermauern.

Prof. J. Schmid vom Kasseler Institut für Solare Energieversorgungstechnik ging in seinem Übersichtsvortrag auch auf das von ihm als Projektkoordinator betreute Vorhaben DISPOWER ein. In diesem Projekt erarbeiten und implementieren 38 Partner aus 11 Ländern alle nutzbaren Konzepte und Normen zur Integration von DEA in elektrische Versorgungsnetze. Vertreten sind EVU, Industrie, Ingenieurbüros, Forschungszentren und Universitäten. Die Projekthinhalte reichen von Netzstabilität und -steuerung über Netzqualität, Management-Systeme, Planungswerkzeuge, Vertrags- und Tarifgestaltung, Informations- und Kommunikationssysteme bis zum Bau und der wissenschaftlichen Begleitung von Testanlagen. Dieses und andere Projekte können die Zusammenarbeit bis auf Herstellerebene fördern, kostengünstigen Serienprodukten zum Durchbruch verhelfen und Stromimporte aus anderen Klimazonen zur Vergleichmäßigung des Stromangebots vorbereiten.

*H. Kabisch*