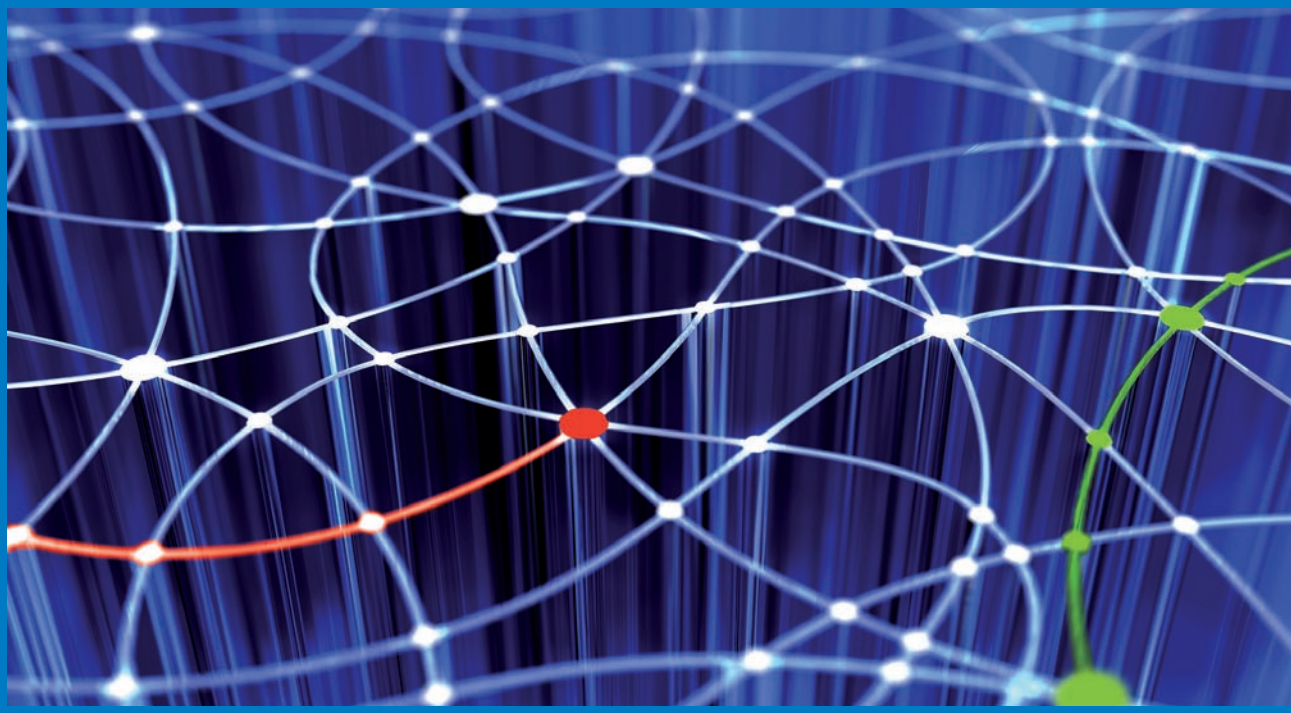
ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.



Virtuelle Kraftwerke

ABGnova

Inhalt

1 Einleitung 3

2 Das virtuelle Kraftwerk 6

Ausgangslage: 8
Konventionelle Kraftwerke
Rahmenbedingungen

Allgemeine Anforderungen an das virtuelle Kraftwerk 10
Stromlieferung: Grundlagen zur Erhaltung der Netzstabilität

Bisher in virtuellen Kraftwerken eingesetzte Technologien 14
Erneuerbare Energien
a. Windparks
b. Solarenergie
c. Wasserkraft
d. Gase

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Notstromaggregate und Brennstoffzellen
a. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
b. Notstromaggregate
c. Brennstoffzelle

3 Smart Meter – Voraussetzung für virtuelle Kraftwerke 20

Kontext 20

Hohe Anforderungen und eine wahre Herausforderung 21

Zukunftsperspektiven 21
Für Netzbetreiber
Für Betreiber von virtuellen Kraftwerken
Für Verbraucher

Einleitung

4	Energiehandel	22
	Begriffsdefinitionen: Primär- und Sekundärleistung, Minutenreserve	22
	Verkauf mit geringerem oder höherem Risiko	22
	Gesetzliche Vergütung	
	Teilnahme an Ausschreibungen – ein Mittelweg	
	Handel an der Börse a. Spotmarkt b. Terminmarkt	
	Over The Counter-Handel	
5	Zusammenfassung und Ausblick	24
6	Erfahrungsberichte:	25
	TSB Bingen	25
	ABGnova	27
	MVV Energie	28

Bei der Erzeugung elektrischer Energie in Deutschland spielen Kernkraftwerke (kurz KKW) heute eine maßgebliche Rolle. Im Jahre 2009 haben die 17 installierten Kernkraftwerksblöcke mit einer Bruttoleistung von 22.517 MW_{el} insgesamt 134,9 Mrd. kWh produziert[1] – d. h. 22,6 % der Bruttostromerzeugung des Landes. Wenn man aber ausschließlich die Grundlast betrachtet, also den Grundbedarf an Strom, steigt der Anteil auf 45 %, womit die Kernkraftwerke die größten Stromerzeuger sind.

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen spielen die erneuerbaren Energien und die Steigerung der Energieeffizienz eine immer wichtigere Rolle im Energiemix.

Die Ressourcen fossiler Energieträger wie Erdöl, Erdgas, Kohle oder Uran sind begrenzt. Die steigende Abhängigkeit von Energieimporten wird zum kritischen Faktor für die Wirtschaft.

Insbesondere die industrielle und gesellschaftliche Entwicklung mit den damit verbundenen Treibhausgasemissionen beeinträchtigen die Umwelt und das Klima. Seit 1990 sinkt der CO_2-Ausstoß in Deutschland zwar kontinuierlich – er ist von 1.036 auf etwa 832 Mio. t CO_2 2008 gesunken[2] – soll aber noch um ca. 20 % reduziert werden, um das im Energiekonzept 2050 angegebene Ziel[3] der Bundesregierung zu erreichen. Zur Unterstützung der Entwicklung möchte die Bundesregierung auf nationaler Ebene besonders effiziente Technologien zur Produktion, zum Transport und zum Verbrauch von Energie sowie die Nutzung erneuerbarer Energien fördern.

Die genauen Ziele sowie die zu ergreifenden Maßnahmen beschreibt die Bundesregierung im neuen Energiekonzept, das am 28. September 2010 verabschiedet wurde. Demnach wird ein besonderes Augenmerk auf die Energieeffizienz gelegt, um Sparpotenziale auszuschöpfen und um den Primärenergieverbrauch bis 2050 um 50 % gegenüber 2008 zu senken. Die regenerativen Energien – als „tragende Säulen künftiger Energieversorgung" – werden stärker einbezogen. Deren Anteil an der Bruttostromerzeugung sollte bis 2050 etwa 80 % betragen. Um die erneuerbaren Energien in den Strommix intelligent zu integrieren, sollten flexible „intelligente Stromnetze" geschaffen werden, die sich schnell und automatisch an die Nachfrage bzw. das Angebot anpassen. Die schnelle Anpassung der Stromnetze ist ohne Smart Meter, d. h. ohne die zeitgenaue Erfassung von Verbrauchsdaten, deren Auswertung sowie ohne eine intelligente Kommunikation zwischen den Marktteilnehmern nicht realisierbar. Bis diese Voraussetzungen erfüllt sind, sieht die Regierung die Kernenergie als „die notwendige Brückentechnologie", um die zuverlässige Stromversorgung in Deutschland weiterhin zu gewährleisten.

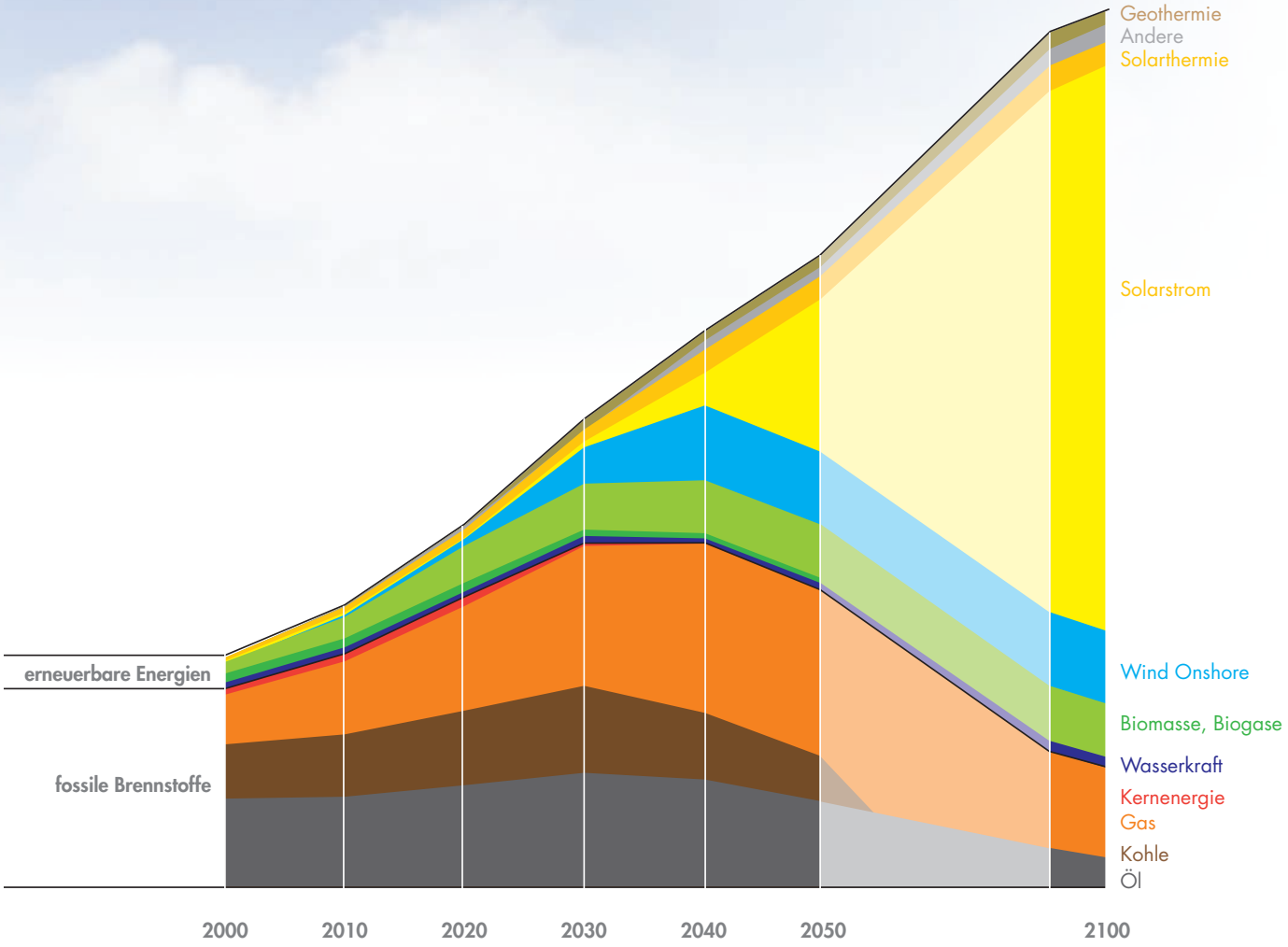
Um die Entwicklung innovativer Technologien zu unterstützen, wurden bereits in der Vergangenheit unterschiedliche Maßnahmen ergriffen und wirtschaftliche Anreize geschaffen.

Im Jahre 1990 wurden ehrgeizige Klimaziele im Kyoto-Protokoll festgelegt, um die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre einzuschränken. Unterschiedliche Vergütungsmechanismen und gesetzliche Förderungen wurden in Deutschland eingerichtet wie beispielsweise das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWK-Gesetz) oder das Gesetz für den Vorrang der Erneuerbaren Energien (EEG). Gestützt von diesen gesetzlichen Bestimmungen wurden im Jahre 2005 11.416 KWK-Anlagen durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) erfasst. Im Jahr 2002 waren es 2.920.[4] Seit dem Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 hat sich die installierte Gesamtleistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nahezu verdreifacht. Dadurch wurden 2007 ca. 110 Mio. Tonnen CO_2 vermieden.[5]

Bei der Entwicklung innovativer Technologien wird in Deutschland besonderer Wert auf neue Konzepte im Bereich der effizienten Erzeugung, des Ausgleichs von Lastschwankungen, des besseren Transports, der Speicherung und des sparsamen Verbrauchs von Energie gelegt. Einen Baustein stellt dabei das virtuelle Kraftwerk dar. Das Konzept, das die flexible Energieerzeugung durch dezentrale Anlagen mit einer gemeinsamen Steuerung sowie die Nutzung erneuerbarer Energien vorsieht, befindet sich noch in den Anfängen. Weitere technologische Entwicklungen sind noch notwendig, um seine Einbindung in die Energiebilanzkreise zu optimieren. Aber schon jetzt kann man ahnen, welche Einsparpotenziale und welche Flexibilität durch dieses Konzept erreicht werden können.

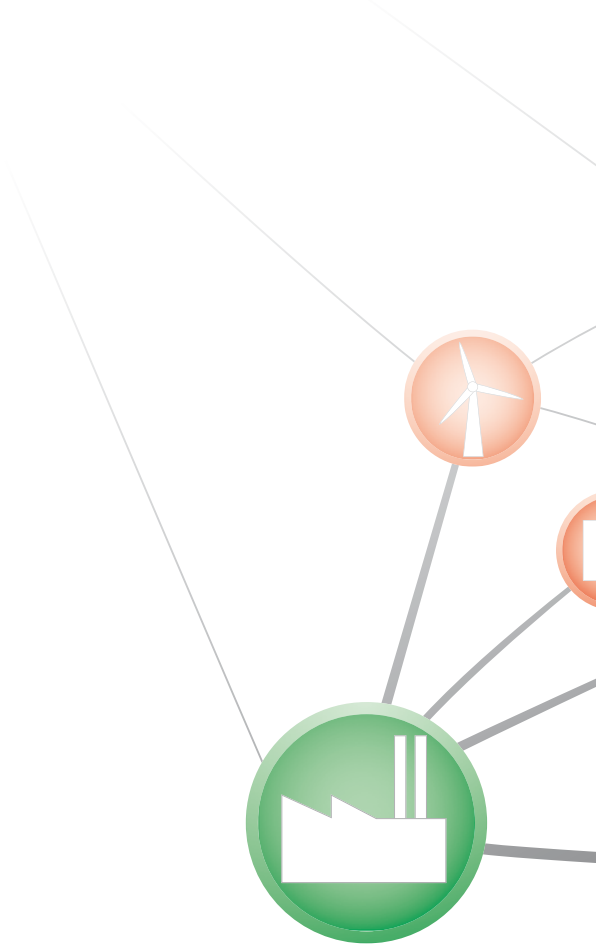
Die vorliegende Broschüre richtet sich u.a. an Planer, Architekten, technische Entscheidungsträger, Energieberater sowie interessierte Verbraucher und gibt einen Überblick über die aktuellen Rahmenbedingungen sowie den Stand der Technik von virtuellen Kraftwerken. Zum Schluss zeigen einige Erfahrungsberichte die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten und verdeutlichen die großen Zukunftspotenziale.

Energiemix – Zukünftige Entwicklung der Energieträger



Quelle: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU)

Das virtuelle Kraftwerk

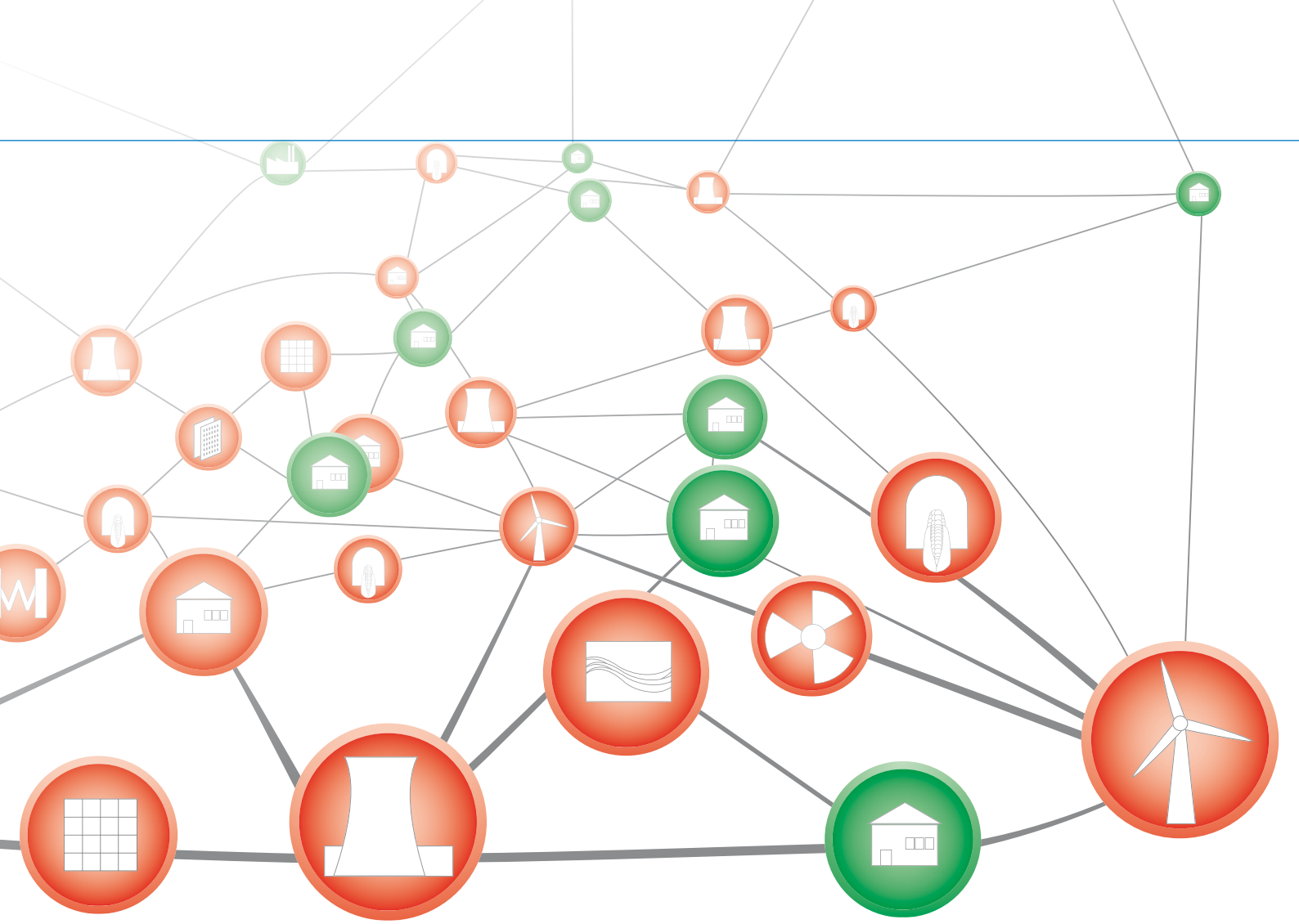


Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) definiert das virtuelle Kraftwerk allgemein wie folgt: es „[…] ist die Zusammenschaltung kleiner, dezentraler Stromlieferanten zu einem Verbund mit gemeinsamer Steuerung."[6]
Eigentlich müsste ein virtuelles Kraftwerk „virtuelles Großkraftwerk" heißen, denn es besteht aus durchaus realen, meist kleineren Kraftwerken und kann durch eine zentrale Steuerung wie ein Großkraftwerk größere Energiemengen bereitstellen. So können konventionelle Großkraftwerke langfristig ersetzt werden.

Im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken bietet das virtuelle Kraftwerk einige Vorteile:

- In der Praxis bestehen die virtuellen Kraftwerke zum Beispiel aus KWK-Anlagen, die im Betrieb flexibler als Großkraftwerke sind. Bei Großkraftwerken kann man prinzipiell die Last in einem Bereich von 50 % bis 100 % der Nennleistung im Normalbetrieb mit Geschwindigkeiten von ca. 4 bis 5 Prozent der Nennleistung pro Minute ändern. Aus wirtschaftlichen Gründen vermeiden die Betreiber niedrige Teillasten. Dagegen kann man bei KWK-Anlagen die Last zum Teil um bis zu 60 %[7] oder mehr reduzieren. Im Durchschnitt kann die Last bei Gas-Blockheizkraftwerken (BHKW) zum Beispiel um 2,5 % pro Sekunde[8] gesenkt werden. Somit kann die Produktion sehr schnell an die Nachfrage bzw. an das bereits vorhandene Angebot im Netz angepasst werden.
- Im Einsatzfall Wohnbereich und Gewerbe handelt es sich um kleinere KWK-Anlagen mit einer Leistung ab 1 kW_{el}. Durch die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme erreichen die Energieerzeuger einen Gesamtwirkungsgrad von über 90 %.[9] Außerdem wird die Energie dort genutzt, wo sie auch produziert wird. Dadurch entstehen nur geringe elektrische Übertragungsverluste.
- Virtuelle Kraftwerke können erneuerbare Energien integrieren. Die alternativen Quellen Sonne, Wind, Biomasse und Wasserkraft stellen wichtige künftige Energieträger dar. In Deutschland soll deren Anteil an der gesamten Energieproduktion bis 2020 verbindlich 18 % erreichen.

Um dieses Ziel zu erreichen, gibt es technische und wirtschaftliche Hindernisse. Die Schwierigkeiten befinden sich unter anderem im Bereich der Leittechnik (Erfassung der Rohdaten, Kommunikation mit allen Teilnehmern, Zugriffsrechte, Auswertung der Daten, etc.), des Energietransportes (Stabilität des Netzes, Lastschwankungen) und der Speicherkapazität. Diese Punkte werden im Folgenden näher erläutert.



Produzenten und Speicher

- Windparks (On- und Off-Shore)
- Solar- und Photovoltaikanlagen
- Wasserkraftwerke
- Biomasse/Biogas-/Bioerdgas-Anlagen (inkl. BHKW)
- Strom erzeugende Heizungen in Privathaushalten
- Brennstoffzellen
- Notstromaggregate aus der Industrie (große Rechenzentren, Krankenhäuser, städtische Gebäude wie Kläranlagen, etc.)
- KWK-Anlagen in Gewerbe und Industrie
- Atomkraftwerke

Empfänger

- Private Haushalte
- Gewerbe und Industrie

Energie-Management

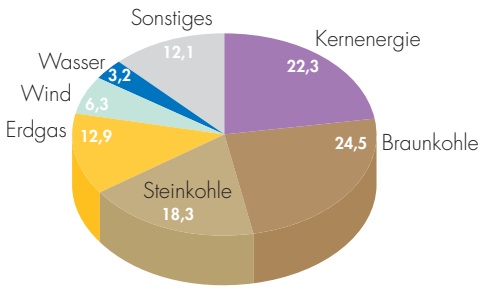
- Einspeisung und Verteilung
- Smart Meter
- Datenerfassung und -auswertung

Konventionelle Kraftwerke

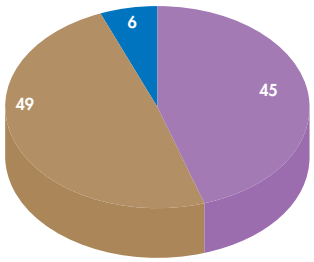
Heutzutage kann man die Situation der konventionellen Großkraftwerke vereinfacht wie folgt beschreiben:

- Kernkraftwerke spielen eine wichtige Rolle bei der gesamten Stromerzeugung des Landes, da 45 % der Grundlast mit ihnen realisiert werden.
- Der Gesamtnutzungsgrad konventioneller Kraftwerke ist relativ niedrig. Er beträgt ca. 35 %,[10] während der Wirkungsgrad von KWK-Anlagen z. T. 80 % deutlich überschreitet.[11]
- In Bezug auf das Energiekonzept 2050 und die Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke ist die Sicherheit von Kernkraftwerken in der Öffentlichkeit in Frage gestellt worden. Diesbezüglich hat die Regierung eine Liste der „Sicherheitstechnischen Anforderungen / Maßnahmen zur weiteren Vorsorge gegen Risiken" erstellt und arbeitet gerade an der Novellierung des Atomkraftgesetzes[12] mit verschärften Sicherheitsrichtlinien. Die Kosten für die technischen und personellen Änderungen werden sich auf die Wirtschaftlichkeit der KKW, d. h. auf die Produktionskosten auswirken. Die Sicherheit von virtuellen Kraftwerken wird im Gegensatz dazu in der Öffentlichkeit nicht diskutiert.

Anteil der gesamten Stromerzeugung (in %)

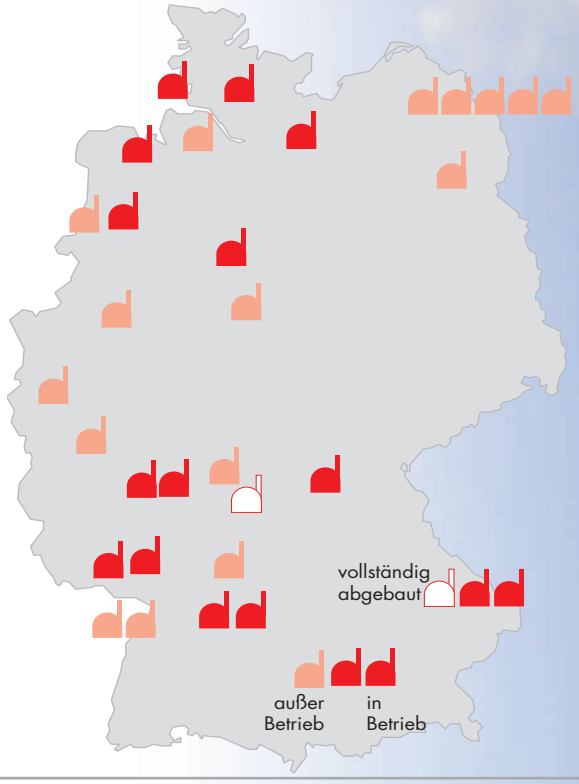


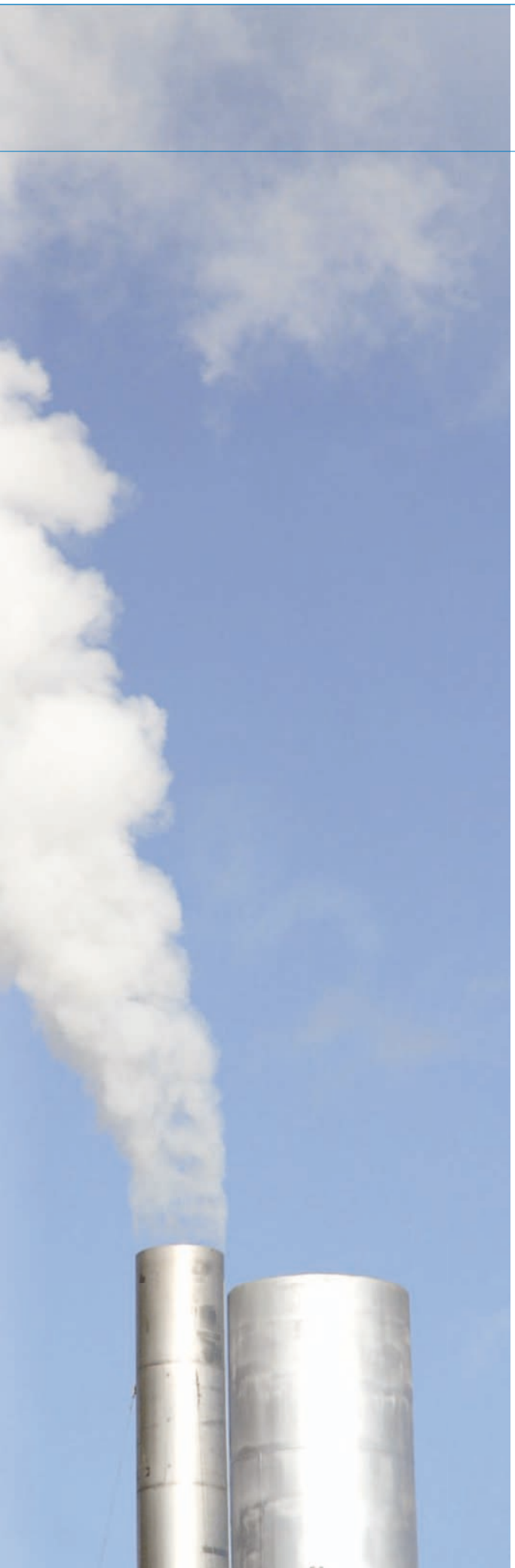
Nur Grundlast (in %)



Quelle: www.kernenergie.de

Kernkraftwerke in Deutschland





Rahmenbedingungen

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen muss sich der Strommarkt in Deutschland an sich ständig verändernde Rahmenbedingungen anpassen:

- Aufgrund der Klimaveränderung sollten bei jedem Kraftwerksneubau Technologien eingesetzt werden, die Strom mit geringstmöglichen CO_2-Emissionen erzeugen.

- Der Anteil der dezentralen und erneuerbaren Energieerzeuger sowie der KWK-Anlagen sollte deutlich ansteigen, um die Ziele des Integrierten Energie- und Klima-Programm 2007 (kurz IEKP, auch Meseberger Beschlüsse genannt) zu erreichen. Darin ist eine stärkere Förderung vorgesehen, um den Anteil der KWK an der Gesamtstromerzeugung bis 2020 auf 25 % zu erhöhen.[13]

- Die sinnvolle Einbindung der dezentralen regenerativen Energieerzeuger oder der KWK-Anlagen in die Energiewirtschaft sollte stark verbessert werden, um mittel- und langfristig die angestrebte Effizienz und die Reduktion der Treibhausgasemissionen zu erzielen.

- Die Netzanforderungen werden bei dezentraler Einspeisung aufgrund von Ausgleichsregelungen, von Netzengpässen und Netzverlusten komplexer. Peripherietechnologien müssen entwickelt werden, um diesen Anforderungen weiterhin zu entsprechen.

Allgemeine Anforderungen an das virtuelle Kraftwerk

Unter Berücksichtigung der genannten technischen und wirtschaftlichen Bedingungen sollte ein virtuelles Kraftwerk folgende Voraussetzungen erfüllen:

Die Energieproduktion muss flexibel und jederzeit abrufbar sein.

Im Laufe eines Tages schwankt die Nachfrage aus unterschiedlichen Gründen sehr stark (in Wohngebäuden z. B. Einschaltung von Küchenelektrogeräten zu üblichen Kochzeiten, beliebte Fernsehsendungen, Klimageräte an heißen Tagen, etc.). Es ist aber technisch nicht möglich, die Leistung der Großkraftwerke schnell an den gerade aktuellen Bedarf anzupassen. Deshalb sollten die erhöhte Nachfrage und der dadurch entstehende Spitzenbedarf mittels virtueller Kraftwerke abgedeckt werden.

Die Zuverlässigkeit der Stromproduktion ist unabdingbar, denn zu erzeugende Strommengen müssen geplant werden können, um richtig eingesetzt zu werden.

Der Stromverbrauch variiert in Abhängigkeit zur Tages- bzw. Jahreszeit. Strom sollte möglichst dann produziert werden, wenn er tatsächlich benötigt wird, um kostenintensive Methoden zur Netzentlastung zu vermeiden.

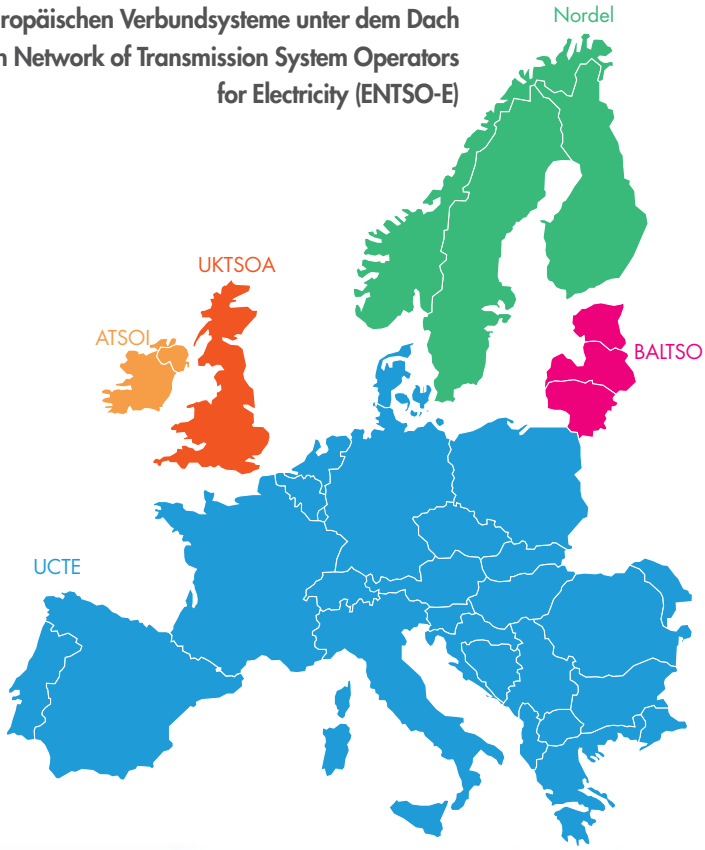
Langfristig sollten Kraftwerke mit KWK und erneuerbare Energien den größten Anteil der nationalen Stromproduktion übernehmen.

Bis alle Voraussetzungen hierfür erfüllt werden, stellen sie eine sinnvolle Ergänzung zu konventionellen Großkraftwerken dar.

Die virtuellen Kraftwerke müssen den technischen Anforderungen zur Einspeisung von Strom entsprechen.

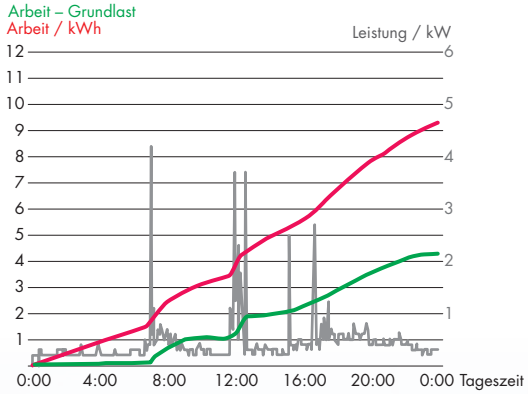
Die technischen Anforderungen sind wichtig um die Netzstabilität zu gewährleisten. Der wichtigste Indikator der Netzstabilität ist die Frequenz. In Deutschland beträgt sie 50 Hertz. Ist sie höher, ist das Netz unterlastet. Ist sie niedriger, ist das Netz überlastet. Netzschwankungen können aber nicht nur das Netz des aufnehmenden Netzbetreibers beeinträchtigen. Die vier großen deutschen Netzbetreiber (Amprion, EnBW Transportnetze AG, Transpower Stromübertragungs GmbH und 50Hertz Transmission) bilden nämlich mit anderen west- und mitteleuropäischen Betreibern einen Verbund – UCTE (Union for the Coordination of Transmission of Electricity). Die im UCTE zusammengeschlossenen Netze müssen synchron arbeiten, um Störungen zu vermeiden. Damit die Kooperation reibungslos funktioniert, müssen bestimmte Regeln eingehalten werden, die hierzulande durch den Verband der Netzbetreiber (kurz VDN, ehem. Deutsche Verbundgesellschaft) im Auftrag der UCTE vorgeschrieben werden. Kleinere Netzschwankungen können innerhalb des Verbundes ausgeglichen werden, ohne dass es zu einer Unterbrechung der Stromversorgung für den Endverbraucher kommt. Gravierende Änderungen der Frequenz könnten ggfs. Folgen für weitere deutsche und europäische Netze nach sich ziehen.

Die fünf europäischen Verbundsysteme unter dem Dach der European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E)

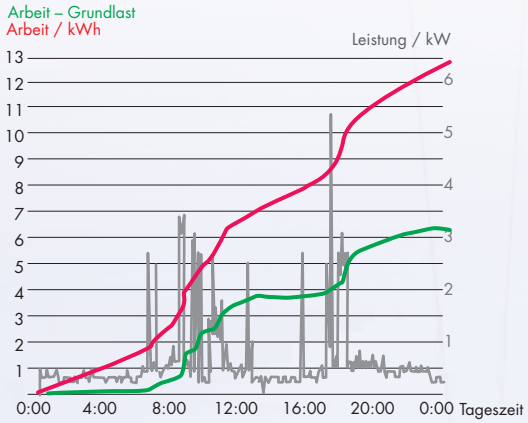


Beispielhafter Stromverbrauch eines 2-Personen-Haushaltes in einem Einfamilienhaus

Stromverbrauch 2.1.2008
Grundleistung 0,21 kW
Grundarbeit pro Tag 5,0 kWh



Stromverbrauch 15.1.2008
Grundleistung 0,27 kW
Grundarbeit pro Tag 6,5 kWh



Quelle: Technische Universität Clausthal

Regelleistung – auch Regelenergie genannt – garantiert Kunden die Lieferung der benötigten Strommenge. Sie wird in diesem Kapitel näher erläutert. Wenn Angebot und Nachfrage im Gleichgewicht sind, beträgt die Netzfrequenz 50 Hertz. Ist die Netzfrequenz zu hoch, wird zu viel Strom eingespeist. Mit sogenannter „negativer Regelenergie" wird das erhöhte Stromangebot ausgeglichen. In diesem Fall müssen Erzeuger vom Netz abgekoppelt oder die Nachfrage erhöht werden. Ist die Netzfrequenz zu niedrig, wird zu wenig Strom eingespeist. Hier spricht man von „positiver Regelenergie", die zum Ausgleich benötigt wird. Zusätzliche Erzeuger müssen dazu geschaltet oder Verbraucher ausgeschaltet werden.

Die Versorgungssicherheit in Deutschland ist im weltweiten Vergleich hervorragend. Dies liegt zu einem daran, dass das Stromnetz insgesamt sehr gut ausgebaut ist. Weiter gehören die deutschen Netzbetreiber, wie bereits oben erwähnt, einem Verbund an. Somit ist es ihnen möglich, Schwankungen im Netz innerhalb des Verbundes auszugleichen. Die hohe Verfügbarkeit des Stromnetzes wird jährlich offiziell überprüft und durch die Veröffentlichung der Daten belegt:

„Die Bundesnetzagentur hat die Daten [bzgl. der Netzstabilität] einer Plausibilitätskontrolle und Prüfung unterzogen. Danach verblieben 813 Unternehmen mit 834 Netzen, aus deren Daten nach international anerkannten Methoden der Wert für die Versorgungsqualität (sog. SAIDI) in Deutschland errechnet werden konnte. Dieser Wert gibt die „durchschnittliche Versorgungsunterbrechung in Minuten je angeschlossenem Letztverbraucher" an. Für das Jahr 2008 ergibt sich danach für Deutschland eine Nichtverfügbarkeit von 16,89 Minuten je Letztverbraucher."[14]

Im Jahre 2007 betrug die Nichtverfügbarkeit 19,25 Minuten[15] und 2006 21,53 Minuten. Ein Jahr (365 Tage) hat 8.760 Stunden. In Relation dazu beläuft sich die Nichtverfügbarkeit im Jahre 2008 auf nur 0,003 % der Zeit.

Darüber hinaus werden aufwendige Analysen und Prognosen im Vorfeld erstellt – sowohl auf der Seite der Produzenten bzw. Anlagenbetreiber als auch auf der Seite größerer Abnehmer, damit die Energie zum gewünschten Zeitpunkt und für die gewünschte Dauer geliefert werden kann. Dabei werden u. a. bestimmte Tages- und Jahreszeiten, Wettervorhersagen (z. B. häufige Nutzung der Klimaanlagen an heißen Sommertagen) sowie besondere sonstige Ereignisse berücksichtigt. Anhand der Prognosen wird eine bestimmte Strommenge definiert.

Die Regelleistung oder Regelenergie ist Teil der Ausgleichsleistungen. Sie wird zur Deckung der Differenzen zwischen Ein- und Ausspeisung benötigt. Regelfähige Kraftwerke sind Gasturbinenkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen können zur Bereitstellung von Regelenergie genutzt werden unter der Voraussetzung, dass die erzeugte Wärme des Regelenergiebedarfs abgesetzt bzw. genutzt werden kann.

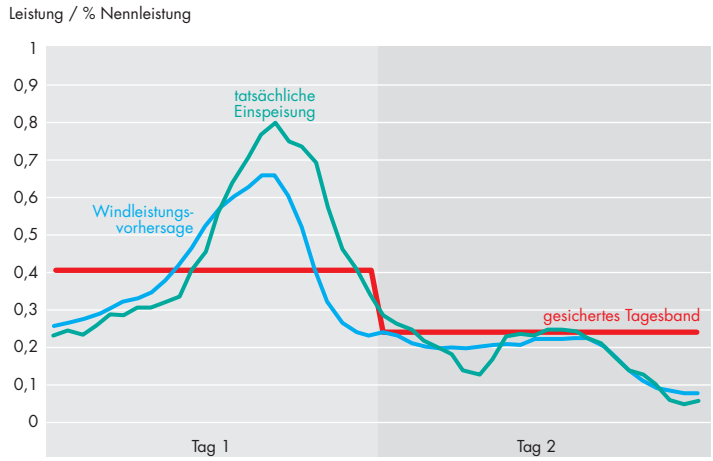
Erneuerbare Energien, insbesondere Windenergie, erhöhen den Bedarf an Regelenergie (negativer Regelenergie). Da das EEG eine Aufnahmegarantie für Strom aus Erneuerbaren Energien gibt, wird Windstrom auch zu Zeiten des Überangebots eingespeist. Das hat teilweise zu negativen Preisen am Spotmark der Leipziger Börse EEX (European Energy Exchange) geführt.

Wenn Mikro-KWK-Anlagen aus dem Wohnbereich entsprechend dem Strombedarf des Netzes gesteuert werden, wird es komplexer. Diese müssen dann strom- und nicht mehr wärmegeführt, oder in einer Kombination aus strom- und wärmegeführtem Betrieb eingesetzt werden. Die Wärme wird meistens vor Ort genutzt, während der Strom selbst genutzt oder eingespeist wird. Damit die Vergütung vollständig erhalten bleibt, darf die Wärme dabei nicht ungenutzt abgeführt werden. Aus diesem Grund werden Wärmespeicher eingebaut, damit zusätzliche erzeugte Wärme gespeichert werden kann.

Tagesbänder spielen eine große Rolle im Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage. Es handelt sich um angebotene Leistungseinspeisungen über einen Tag. Gesicherte Tagesbänger garantieren die Lieferung einer entsprechenden Energiemenge.

Die Optimierung der Bilanzkreise zählt zu den Maßnahmen zur Gewährleistung der Netzstabilität. Ein Bilanzkreis wird wie folgt definiert: „Elektrische Energie ist im Allgemeinen nicht speicherbar. Deshalb muss zwischen Einspeisung und Verbrauch in jedem Augenblick eine ausgeglichene Bilanz bestehen. Ein Bilanzkreis besteht aus einer beliebigen Anzahl von Einspeise- (Kraftwerke) und Entnahmestellen (Kunden) in einer Regelzone. Der jeweilige Bilanzkreis(-Verantwortliche) ist für eine jederzeit ausgeglichene Leistungsbilanz verantwortlich - saldiert über alle seine Einspeise- und Entnahmestellen, gegebenenfalls auch unter Berücksichtigung von Fahrplanlieferungen aus anderen Bilanzkreisen. Auftretende Differenzen zwischen Einspeisung und Entnahme werden vom Übertragungsnetzbetreiber ausgeglichen und dem Bilanzkreisverantwortlichen in Rechnung gestellt.“[16] Das Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage im jeweiligen Bilanzkreis gewährleistet die Netzstabilität.

Garantierte Tagesbänder



Bisher in virtuellen Kraftwerken eingesetzte Technologien

Wie bereits erwähnt, spielen die erneuerbare Energien im Energiemix eine immer größere Rolle. Sie sollen bis 2050 einen Anteil von 80 % der Gesamtproduktion erreichen und langfristig die Versorgungssicherheit gewährleisten. Aufgrund der noch nicht erschöpften Potenziale und der hohen Effizienz (Einsparung von fossilen Ressourcen, Verminderung von Treibhausgasemissionen, etc.) werden erneuerbare Energien in Kombination mit innovativen Technologien im Rahmen von virtuellen Kraftwerken genutzt.

Erneuerbare Energien

Windparks

Bei Windparks wird zwischen Onshore und Offshore unterschieden. Onshore-Windanlagen werden auf dem Festland gebaut und betrieben. Offshore-Windanlagen werden innerhalb der deutschen Wirtschaftszone, d. h. innerhalb von 12 Seemeilen von der Küste entfernt, gebaut und betrieben. Insbesondere die hohen Windgeschwindigkeiten versprechen ein großes Potenzial.[17] Bis 2030 rechnet die Bundesregierung mit einer installierten Leistung Offshore von 25.000 MW, wobei das gesamte Potenzial in Europa auf ca. 140.000 MW geschätzt wird[18].

Windenergie deckte mit 37.773 GWh Onshore und 37 GWh Offshore im Jahre 2009 zusammen 6,5 % des gesamten Energieendverbrauchs in Deutschland ab und stellt heute 42 % der produzierten Energie aus erneuerbaren Trägern dar.[19]

Die Windenergie verfügt über große Potenziale, die als Ergänzung zu konventionellen Kraftwerken genutzt werden können. Für Netzbetreiber ist die Planbarkeit von Windenergie aber sehr komplex. Wind weht nicht immer dann, wenn die Energie benötigt wird. Wenn Energie mittels Windkraft produziert wird, muss sie aufgrund der im EEG festgelegten Abnahmegarantie abgenommen werden. Dabei muss die Netzstabilität jederzeit gewährleistet sein.

Wasserkraft

Es gibt mehrere Möglichkeiten aus Wasserkraft Energie zu erzeugen:[20]

- Laufwasserkraftwerke nutzen den natürlichen Zustrom eines Flusses oder Kanals zur Stromerzeugung. Typisch sind hierbei eine niedrige Fallhöhe und eine relativ große Wassermenge, die mit den Jahreszeiten steigt oder fällt.
- Speicherkraftwerke nutzen ein hohes Gefälle sowie das Speichervolumen eines Stausees oder einer Talsperre. Ein fließendes Gewässer wird angestaut, um es bei Bedarf auf die Turbinen stürzen zu lassen.
- Das Pumpspeicherkraftwerk erzeugt durch das Ablassen von Wasser aus einem höher gelegenen Becken in ein niedrig gelegenes Becken Energie. In der Nacht, wenn Strom günstiger ist, wird das Wasser wieder nach oben in das Becken zurückgepumpt.
- Gezeitenkraftwerke nutzen sowohl die Kraft der Ebbe als auch die der Flut. Der Bau einer solchen Anlage ist allerdings nur an wenigen Standorten möglich.
- Die Kraft der Meereswellen soll mit Wellenkraftwerken für die Energiegewinnung genutzt werden. Diese Technologie ist noch nicht ausgereift und sehr kostspielig.

Ein weiterer Punkt ist zu beachten:
Der „§ 35 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) konkretisiert die ökologischen Anforderungen an Wasserkraftanlagen. Eine Nutzung darf demnach nur zugelassen werden, wenn auch geeignete Maßnahmen zum Schutz der Fischpopulation ergriffen werden. Damit soll sichergestellt werden, dass Fische bei ihrer Wanderung grundsätzlich unbeschadet an der Wasserkraftanlage vorbeikommen“.[21]

Im Jahre 2007 wurden mittels Wasserkraft ca. 19.000 GWh erzeugt. Das stellt 3,3 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland dar.[22]

Solarenergie

Die Solareinstrahlung liefert Wärme, die sich nutzen und speichern lässt. Durch Photovoltaik lässt sich Sonnenenergie auch in elektrische Energie umwandeln. Mit einem Zubau von rund 3.800 MW liegt Deutschland auch im Jahr 2009 an der Weltspitze. 6.200 GWh Strom – mehr als 1% der Gesamtstromproduktion – wurden durch Photovoltaik erzeugt.[23] Zum 1. Juli 2010 hat der Deutsche Bundestag eine Verringerung der Vergütung gem. EEG aufgrund der stark gesunkenen Marktpreise beschlossen. Die günstigeren Preise sind vor allem auf technologische Fortschritte zurückzuführen, die die Produktion vereinfachen.

Ein weiteres Potenzial stellt das sog. „Solar Fuel" dar. Mit einem innovativen Verfahren wird die Sonnenenergie in synthetisches Erdgas umgewandelt. Dabei wird zunächst aus überschüssigem erneuerbaren Strom Wasserstoff und Sauerstoff per Elektrolyse erzeugt. Durch eine chemische Reaktion des Wasserstoffs mit Kohlendioxid entsteht dann Methan, der Hauptbestandteil von Erdgas. Der Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Ökostrom zu erneuerbarem Erdgas beträgt rund 66 Prozent. Die Qualität des Gases ist hoch. Es ist nicht verunreinigt und kann ohne weitere Bearbeitung in das Erdgasnetz eingespeist werden. Das „Windkraft-Erdgas" ist voll kompatibel zu Erdgas und Bio-Erdgas.

So können große regenerativ erzeugte Energiemengen aufgenommen und gespeichert werden. Das Speicherreservoir des sich durch Deutschland erstreckenden Erdgasnetzes beträgt über 200.000 GWh. Die Technik kann auch zur Regelung des Stromnetzes genutzt werden, da in effizienten KWK-Anlagen und GuD-Kraftwerken bei Bedarf wieder elektrischer Strom produziert werden kann. Darüber hinaus ist das „Windkraft-Erdgas" ein sehr guter Treibstoff für Fahrzeuge. Auch hier kann die bestehende Infrastruktur (Erdgastankstellen) sowie die verfügbare und etablierte Technik (Erdgasfahrzeuge) direkt genutzt werden. Mit dem Erdgasnetz lassen sich die Energiemengen nicht nur speichern, sondern auch transportieren.[24]

Gase (Deponie-, Gruben-, Klär- und Biogas, Bio-Erdgas)

Die energetische Nutzung dieser Gase erfolgt in den meisten Fällen mittels eines Blockheizkraftwerkes, dessen Antrieb ein Ottomotor ist. Im Jahre 2009 wurden aus Deponie-, Klär- und Biogas rund 11.965 GWh Strom und 10.200 GWh Wärme produziert.[25]

Die lieferbaren Energiemengen lassen sich in diesem Fall besser planen, da das Volumen des zu verwertenden Gases und die sich daraus ergebende Energiemenge schon im Vorfeld abzuschätzen sind.

Deponiegasnutzung Deponie Barcelona, Spanien; Quelle: G.A.S. Energietechnologie GmbH

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Notstromaggregate und Brennstoffzellen

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (kurz KWK-Anlagen) sind sehr effizient, weil sie Wärme und Strom in einem gekoppelten Prozess erzeugen. Der Wirkungsgrad kann bis zu 90% erreichen.[26] Sie kommen in den verschiedensten Bereichten vor, d. h. sowohl in gewerblichen Anwendungen als auch im privaten Wohnbereich als Mikro-KWK-Anlagen.[27]

KWK-Anlagen funktionieren auf Basis von Ottomotoren, Stirling-Motoren oder Dampfturbinen. Die am Markt angebotenen Leistungen beginnen bei ca. 1 kW_{el} mit der „Strom erzeugenden Heizung" und erreichen mehrere MW pro Einheit. Auch in diesem Fall stellen die fehlende zentrale Prozessleittechnik und die fehlende Wirtschaftlichkeit die größten Hindernisse für die Integration der einzelnen Anlagen in ein virtuelles Kraftwerk dar.

Notstromaggregate

Notstromaggregate sind für viele industrielle Bereiche (z. B. Rechenzentren), medizinische Einrichtungen (z. B. Krankenhäuser) oder Bürokomplexe (z. B. Banken) eine Notwendigkeit für den Notfall. Sie müssen regelmäßig gewartet und geprüft werden, damit sie im entscheidenden Moment in kurzer Zeit von 0 auf 100 % Leistung in kurzer Zeit fahren können. Die meiste Zeit werden sie nicht genutzt. Mit der Einbindung in virtuelle Kraftwerke kann sich ein wirtschaftlicher Nutzen für die Anlagen ergeben.

Für einen Betrieb im virtuellen Kraftwerk kommen Notstromaggregate in Frage, die netzparallel arbeiten. Zur Bereitstellung von Regelenergie müssen die Aggregate vom Netzbetreiber qualifiziert werden. Aus Sicherheitsgründen steht der vornehmliche Zweck zur Absicherung der Versorgungssicherheit im Gebäude im Vordergrund. Zusätzliche Einsatzzeiten können teilweise Probleme bereiten (z. B. Lärm, Wärmeerzeugung).

Dachs, SenerTec

Notstromaggregat der Fa. Mainova AG

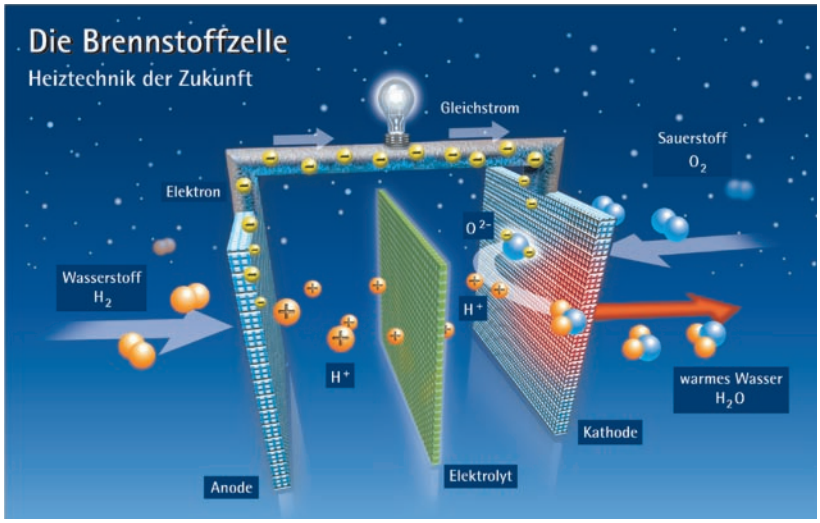
Brennstoffzelle

In Gegensatz zu den anderen vorgestellten Technologien wandelt die Brennstoffzelle direkt die chemisch gebundene Energie des Brennstoffs in elektrische Energie um. Da die Umwandlung der thermischen in mechanische Energie entfällt, ist der elektrische Wirkungsgrad erheblich höher als bei herkömmlichen Aggregaten. Außerdem sind die Schadstoffemissionen sehr gering. Daher sehen viele Experten in der Brennstoffzelle einen wichtigen Baustein in der Energieerzeugung der Zukunft.

Die Entwicklung der Brennstoffzelle wird vom Ministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (kurz BMVBS) in Zusammenarbeit mit NOW – Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowie mit industriellen Partnern wie z. B. der E.ON Ruhrgas AG, der MVV Energie AG oder der Vaillant GmbH im Rahmen des Projektes Callux seit Herbst 2008 unterstützt. „Im Rahmen des nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, das von der NOW GmbH koordiniert wird, investiert die Industrie gemeinsam mit dem BMVBS eine Milliarde Euro, um den Einsatz der innovativen Technologie voranzutreiben. Brennstoffzellen-Heizgeräte sorgen im Haus für umweltschonende Wärme und Strom. Die Vorteile der Geräte liegen zum einen in der dezentralen Stromproduktion, die mit vergleichsweise hohen Wirkungsgraden einhergeht. Zum anderen liefern Brennstoffzellen-Heizgeräte gleichzeitig Wärme, die für die Beheizung der Wohnräume zur Verfügung steht. Der damalige Bundesminister Wolfgang Tiefensee ist überzeugt: „Brennstoffzellen sind eine wichtige Option für eine nachhaltige und wirtschaftliche Energieversorgung im Haus. Mit dem ‚Leuchtturmprojekt Callux' starten wir gemeinsam mit Partnern aus der Industrie eine beispielhafte Initiative mit großem Praxisbezug, einen der weltweit größten Praxistests für den Einsatz von Brennstoffzellen im Gebäudebereich."[28]

Die Partner des Konsortiums sind optimistisch, dass in der ersten Phase des Projektes bis zum Jahr 2012 bereits so viele Brennstoffzellen-Heizgeräte bundesweit installiert werden, dass anschließend in der zweiten Phase die Marktvorbereitungen anlaufen können".[29]

Funktionsweise der Brennstoffzelle; Quelle Initiative Brennstoffzelle



Brennstoffzelle von der Fa. Vaillant GmbH

Smart Meter – Voraussetzung für virtuelle Kraftwerke

Kontext

Der Stromverbrauch wird in Deutschland üblicherweise über sogenannte Ferraris-Zähler gemessen, die mit einem mechanischen Rollenlaufwerk ausgestattet sind. Die manuell gesammelten Daten werden ausgewertet und an den Versorger weitergeleitet. Eine durchgängige Automatisierung der Ablese- und Abrechnungsprozesse steht erst am Anfang: Während in einigen europäischen Ländern, wie z. B. Schweden[30] bereits flächendeckend in allen Haushalten intelligente Zähler, sog. Smart Meter, installiert wurden, werden in Deutschland in über 100 Projekten Erfahrungen mit Smart Metern gesammelt, um diese in den nächsten Jahren flächendeckend einzuführen.

Für Gebäude und Energieanlagen von Privathaushalten und kleineren Gewerbebetrieben (jährlicher Verbrauch unter 100.000 kWh) wird Strom üblicherweise über Standardlastprofile eingespeist. Erst der Einsatz von Smart Metern ermöglicht Einkauf und Einspeisung auf Basis individueller prognostizierter Lastprofile und das Angebot unterschiedlicher Tarife in Abhängigkeit von der Netzauslastung und Nachfrage.

Aktuelle sowie noch zu erwartende gesetzliche Vorgaben mit dem Ziel der Energieeinsparung oder Optimierung des Energieverbrauchs durch durch das Angebot unterschiedlicher Tarife werden sich mit konventionellen Zählertechnologien nicht umsetzen lassen. Daher soll in den nächsten Jahren die Anzahl der Smart Meter deutlich steigen. Mittels dieser Zähler können Verbraucher erstmals zeitnah ihren Energieverbrauch erfassen und kontrollieren. Infolgedessen können sie Energieverbraucher identifizieren, ihr Verbrauchsverhalten ändern und das Ergebnis dieser Verhaltensänderung sofort ablesen.

Der Nutzen von Smart Metern liegt für den Energieverbraucher in der höheren Transparenz und Selbstkontrolle, die bei entsprechender Anpassung des Verhaltens zu spürbaren Verbrauchsreduktionen führen können. Der Vorteil für die Energieversorger liegt in einer gleichmäßigeren Auslastung des Netzes und der Kraftwerke sowie in einer Senkung der Investitionskosten für den Spitzenlastausbau. Darüber hinaus stellen Smart Meter die Schnittstelle zu Smart Grids (intelligente Netze) und Smart House (intelligente Haustechnik) dar und sind somit ein wesentliches Element eines Maßnahmenpaketes zur Optimierung der Energieversorgung.[31]

Seit dem 01. Januar 2010 ist der Einbau von Smart Metern in Neubauten oder bei Totalsanierung gem. Energiewirtschaftgesetz verpflichtend. Diese intelligenten Stromzähler erlauben in der Regel 15-minütige Erfassung der Stromabnahme. Smart Meter sind grundlegende Voraussetzung für ein zeitgenaues Energieverbrauchscontrolling und für virtuelle Kraftwerke.

Hohe Anforderungen und eine wahre Herausforderung

Die Anforderungen an intelligente Zähler sind hoch, aber nicht genau festgelegt. Der „Funktionsumfang ist weder durch den Gesetzgeber noch durch andere Institutionen hinreichend definiert, daher variieren die bislang eingesetzten Smart Meter stark. Zu den möglichen Funktionen gehören:

- Anzeige und Vergleich von Energieverbrauch und -kosten über einen bestimmten Zeitraum
- Speicherung und Auswertung von Verbrauchsdaten
- Fernablesung sowie Fern-Ein- und Abschaltung durch den Energieversorger
- Grundlage für die monatsgenaue Abrechnung
- Kombination mit variablen Tarifen
- Laststeuerung
- Manipulationsüberwachung
- Schnittstellenfunktionen für Inhouse-Kommunikationssysteme
- Datenübermittlung auf unterschiedlichen Kommunikationswegen
- Einbeziehen anderer Sparten (Multi Utility Funktion)
- Visualisierung des Verbrauchs einzelner Geräte und Warnhinweise
- Programmiertes Einschalten von Geräten zu bestimmten Zeiten oder bei Energieüberangebot
- Standortunabhängige Anzeige der Verbrauchsdaten (tragbares Gerät)
- Anzeige eingespeister Energie (z. B. durch Photovoltaikanlage)

Die Standardisierung der Smart Meter-Anforderungen ist umso komplexer da diese nicht nur für Deutschland erfolgen soll, sondern auf europäischer Ebene aufgrund der Kooperation im Verbundnetz. „Um zu verhindern, dass in jedem Land eigene Vorschriften und Normen erlassen werden, hat die Europäische Union das sog. Normungsmandat M/441 vom 12. März 2009 an die europäischen Normungsgremien CEN (Gas und Wärme), CENELEC (Stromzähler und Gebäudeautomatisierung) und ETSI (Telekommunikation) vergeben, um auf europäischer Ebene die Smart Meter-Funktionalitäten und Kommunikationsschnittstellen zu standardisieren."

Zukunftsperspektiven für:

Netzbetreiber / Betreiber von Großkraftwerken / Energiehändler

Durch die Nutzung der intelligenten Technologien können Netzbetreiber in Zukunft ihre Prognosen viel präziser gestalten. Mittels optimierter Planungsmöglichkeiten werden Schwankungen im Netz verringert. Parallel dazu lassen sich dann erneuerbare Energien und kleinere KWK-Anlagen einfacher einbeziehen.

Betreiber von virtuellen Kraftwerken

Für Betreiber von virtuellen Kraftwerken ist eine intelligente Prozess-Leitechnik unerlässlich. Unabhängig davon, ob es sich um einen Start, die Abkopplung vom Netz oder eine Leistungsänderung handelt, müssen die Anlagen schnell reagieren. Die Technologie muss aber standardisiert werden, damit virtuelle Kraftwerke an den Verbund angeschlossen werden können. Dabei muss sie bezahlbar bleiben. Mit Smart Meter könnten die virtuellen Kraftwerke beispielsweise zu Zeiten zugeschaltet werden, in denen der Energiepreis besonders hoch ist, um die Erträge noch zu optimieren. Dafür müssen die Anlagen Informationen von Außen über den aktuellen Zustand in Echtzeit bekommen und verarbeiten können.

Sowohl Netzbetreiber als auch Betreiber von virtuellen Kraftwerken haben die Möglichkeit, Energielieferung und –verbrauch effizienter und sparsamer zu gestalten.

Verbraucher

Ob Industrie-, Gewerbe- oder Privatkunden, alle können vom Smart Meter in Zukunft profitieren. Die Energieeinsparung durch den zeitgenauen Energieeinsatz kann Kosten sparen und dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen zu verringern. Die Einführung dieser neuen Technologien könnte aber auch Nachteile haben, die es gilt, präzise einzuschätzen.

Verkauf mit geringerem oder höherem Risiko

Den Betreibern von virtuellen Kraftwerken stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, um den erzeugten Strom zu verkaufen.

Heutzutage wird die von einem virtuellen Kraftwerk produzierte elektrische Energie meistens als Regelenergie verkauft. Bevor die verschiedenen Möglichkeiten des Verkaufs erläutert werden, sollten bestimmte Begriffe aus dem Energiemarkt definiert werden:

Primär- und Sekundärregelleistung
Die Primär- und Sekundärregelleistung spielen dann eine Rolle, wenn die Netzfrequenz über oder unter 50 Hertz liegt. Dann werden bestimmte Abläufe automatisch in Gang gesetzt, um die Netzstabilität zu sichern. Die erste Stufe wird Primärregelung genannt. Sie erfolgt automatisch. Die Primärregelleistung muss innerhalb von 30 Sekunden bereit stehen. Je nach Fall werden Anlagen (z. B. Pumpspeicherkraftwerke) ein- oder abgeschaltet. Die zweite Stufe nennt man Sekundärregelung. Sie erfolgt ebenfalls automatisch. In diesem Fall muss die Regelleistung innerhalb von 2 Minuten bereit stehen und löst die Primärregelleistung ab. Primär- und Sekundärregelleistung werden beide von den Übertragungsnetzbetreibern aus regelfähigen Kraftwerken abgerufen und ständig in unterschiedlicher Höhe und Richtung benötigt.

Minutenreserve
Die Minutenreserve – auch Tertiärregelleistung genannt – erfolgt nicht automatisch, sondern wird vom Übertragungsnetzbetreiber fernmündlich an den Lieferanten für die nächsten ¼-Stunden-Intervalle angefordert. Sie wird nach einem Einsatz von Sekundärregelleistung von max. 15 Minuten (z. B. bei einem Kraftwerksausfall) eingesetzt. Sie löst die Sekundärregelung ab und ermöglicht den Start von neuen Regelvorgängen.

Gesetzliche Vergütung

Die erste Möglichkeit ist, die eingespeiste Energie gem. EEG bzw. KWK-G an den Netzbetreiber zu verkaufen. Dies ist der Standardfall. Der Netzbetreiber ist in der Regel verpflichtet, den eingespeisten Strom zu vergüten. Im Sinne der Wirtschaftlichkeit ist der Betreiber interessiert, möglichst hohe Betriebsstunden zu erzielen. Zu welcher Tageszeit die Einspeisung erfolgt, spielt dabei keine Rolle. Der direkte Verkauf an einen Übertragungsnetzbetreiber (ÜBN) ist nicht möglich.

Teilnahme an Ausschreibungen – ein Mittelweg

Eine weitere Variante stellt die Teilnahme an einem Ausschreibungsverfahren dar. Die vier deutschen Hochspannungsnetzbetreiber haben eine gemeinsame Plattform im Internet: www.regelleistung.net. Diese liefert alle Details und Bedingungen zur Teilnahme. Teilnehmende Anlagen müssen zum Beispiel einem Anlagenpool angehören, der eine Leistung von mindestens 15 MW umfasst. Die Anzahl der Anbieter schwankt in der Regel zwischen 15 und 60. Kommt der Verkaufsvertrag zustande, so wird der Betrag gezahlt, auch wenn die elektrische Energie nicht benötigt wird. Der Leistungspreis pro Megawatt variiert sehr stark.

Handel an der Börse

Eine weitere Möglichkeit stellt der Verkauf der Energie an der Leipziger Börse EEX (European Energy Exchange) dar. Im Rahmen des Börsenverkaufs stehen zwei Märkte zur Verfügung: der Spotmarkt oder der Terminmarkt.[32]

Spotmarkt

Am Spotmarkt wird der Strom für den jeweiligen oder darauffolgenden Tag umgesetzt - die Börsenteilnehmer können Stundenlieferungen von Strom bis 75 Minuten vor Beginn der betreffenden Stunde handeln. Ab 15.00 Uhr ist der Handel der Stunden des folgenden Tages möglich. Dieser „Intra-Day-Handel" findet an jedem Tag des Jahres rund um die Uhr statt und wird hauptsächlich genutzt, um kurzfristige Engpässe zu schließen oder überschüssige Kapazitäten zu verkaufen.

Terminmarkt

Am Terminmarkt der EEX werden „Phelix-Futures"[33] für den aktuellen Monat, die nächsten sechs Monate, sieben Quartale und sechs Jahre gehandelt. Ein „Phelix-Future" ist ein finanzieller Terminvertrag, der sich auf Spotmarktpreise für Strom in zukünftigen Lieferperioden bezieht. So können Stromlieferanten und -versorger langfristig planen und sich gegen Risiken absichern.

Over The Counter-Handel

Der Over The Counter-Handel (kurz OTC-Handel) ist ein außerbörslicher Handel. Das heißt, er bezeichnet Transaktionen zwischen den Teilnehmern, die nicht über die Börse abgewickelt werden.

Der OTC-Handel am Spot- und Terminmarkt der EEX ist für alle Produkte dieser Märkte erlaubt, wenn die Teilnehmer für den Handel an der EEX zugelassen sind und das OTC-Clearing anerkennen.[34]

Allgemein bietet der außerbörsliche Handel den Teilnehmern einige Vor- und Nachteile. Zu den Vorteilen zählt die Möglichkeit, Kaufverträge individuell zu gestalten, die Transaktion schneller abzuschließen, Börsengebühren einzusparen. Diese Form des Handels beinhaltet aber ein größeres Risiko, da die Börse als Aufsicht fehlt. Der Markt ist weniger transparent, die Referenzen und Zahlungsfähigkeit der Teilnehmer wurden nicht vorher von einer offiziellen Instanz wie der Börsenaufsicht überprüft.

Zusammenfassung und Ausblick

In Deutschland gibt es bereits einige virtuelle Kraftwerke als Modellprojekte im Betrieb. Zum Teil bestehen sie aus Notstromaggregaten wie im Anlagen-Pool der Tranferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung in Bingen, die mit ihrem Partner ein virtuelles Kraftwerk seit 2004 betreibt. Zum Teil bestehen sie aus KWK-Anlagen wie im realisierten Projekt der Technischen Universität Clausthal und der Firma SenerTec. Viele weitere Projekte sind noch in Planung. Besonders im gewerblichen Bereich oder in Wohngebäuden ist das Potenzial groß.

Der Weg von der Idee bis zur Realisierung ist noch im Aufbau. Richtlinien zur Vereinheitlichung des Gesamtprozesses fehlen. Die wirtschaftliche und geräteunabhängige Steuerungs- und Kommunikationstechnologie muss ebenfalls noch geschaffen werden. Aus diesem Grund werden sich kurz- bis mittelfristig die Bemühungen darauf konzentrieren, die notwendigen Komponenten zur Prozessleittechnik, Steuerung und Kommunikation zu schaffen. Dabei ist nicht nur die Frage der einzusetzenden Technik wichtig. Die Kosten spielen eine erhebliche Rolle, damit die Wirtschaftlichkeit der virtuellen Kraftwerke gewährleitet wird.

Virtuelle Kraftwerke können dann sinnvoll realisiert werden, wenn die noch notwendigen Entwicklungen in Zusammenarbeit zwischen Übertragungsnetzbetreibern, Energieversorgern und Anlagenbetreibern im Interesse von jedem Teilnehmer und der Endverbraucher durchgeführt werden.

Virtuelles Kraftwerk made in Rheinland - Pfalz

Die Transferstelle für rationelle und regenerative Energienutzung Bingen hat zusammen mit ihren Partnern die Technik zur wirtschaftlichen Integration von kleineren Stromerzeugern in einen Verbund entwickelt. Dieses Projekt wurde gefördert vom Landesministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz. Ziel war die Integration von Notstromanlagen zur Sicherstellung der Stromnetzqualität mit niedrigeren Kosten als bisher. Notstromanlagen können wesentlich günstiger Regelenergie zur Verfügung stellen, da sie aus anderen Gründen heraus angeschafft werden müssen. D.h. die Stromerzeugungskosten richten sich lediglich nach den Brennstoffkosten und dem etwas erhöhten Wartungsaufwand. Die entwickelten Methoden können auch für die Schaffung eines Verbundes aus Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden.

Wirtschaftliche Bedeutung für Bereitsteller

Der energiewirtschaftlich strukturierte Betrieb von dezentralen Stromerzeugern und Stromverbrauchern wird erst durch die Einbindung der Anlagen in ein virtuelles Kraftwerk möglich. Erst dann wird eine energiewirtschaftliche Optimierung der Erzeugung und des Verbrauchs von elektrischer Energie möglich.

Zur energiewirtschaftlichen Optimierung stehen heute schon verschiedene interessante Märkte zur Verfügung. Im Bereich der Minutenreserve sind für die Bereitstellung von möglichen Strommengen nennenswerte Erlöse möglich. Ist eine Anlage jedoch in ein virtuelles Kraftwerk integriert, sind weitere – ansonsten undenkbare – Wege offen. Die Direktvermarktung von KWK- und EEG-Anlagen sei hier genannt. Hierzu stehen die ansonsten bewährten Märkte wie beispielsweise EEX, OTC, usw. zur Verfügung. Selbst für Mikro-KWK-Anlagen könnte dies interessant sein. Der Einsatz der marktorientierten Fahrweise einer flexiblen kleinen KWK-Anlage, die drei Fahrweisen kennt, nämlich Minimalleistung mit 2 kW_{el}, Maximalleistung mit 4 kW_{el} und eine Art Boost-Betrieb mit 8 kW_{el} wurde für den Einsatz in einem Altbau simuliert. Unter Sicherstellung der Wärmeversorgung durch die Integration eines großen Wärmespeichers und eines zusätzlichen Gaskessels ergab sich ein deutliches Potenzial zur Vermarktung der elektrischen Energie. Abhängig vom Wärmebedarf wurden Mehreinnahmen für den Stromvertrieb über den Spotmarkt gegenüber dem KWK-Grundpreis im Bereich 10 bis 20 % ermittelt. Notwendig hierfür ist lediglich eine einfache und damit auch kostengünstige Einbindung in ein virtuelles Kraftwerk, welches speziell für ein Versorgungsgebiet genutzt werden kann.

Größere KWK-Anlagen können zusätzlich im Bereich der Minutenreserve eingesetzt werden. Die Kommunikationstechnik für diesen Markt ist deutlich aufwändiger, weshalb nur größere Anlagen eine notwendige Investition in Kommunikationstechnik und Präqualifikationsverfahren ermöglichen.

Untersucht wurde auch die strukturierte Vermarktung von größeren KWK-Anlagen. Hier sind die Möglichkeiten einer konsequenten Vermarktung eines BHKW dargestellt. Neben den Erlösen aus dem KWK-Gesetz ergeben sich die Möglichkeiten der zeitweisen EEX-Direktvermarktung. Läuft das BHKW, ist die Bereitstellung von negativer Minutenreserve eine Zusatzoption, wenn die Wärmeversorgung über einen ausreichend großen Wärmespeicher oder eine Zusatzheizung übernommen werden kann. Für

die Zeit des Stillstandes, z. B. im Sommer wenn kein Wärmebedarf vorhanden ist, kann das Aggregat positive Minutenreserve bereitstellen.

Gerade dieser Effekt reduziert die Abhängigkeit des KWK-Einsatzes von der Anzahl der möglichen jährlichen Volllaststunden. Würde man diese Möglichkeiten konsequent einsetzen, ist die Zielsetzung, den Anteil des KWK-Stromes bis 2020 zu verdoppeln, sicher zu erreichen. Gelingt es, die KWK in eine höhere Wertschöpfung zu führen, wird sie sich automatisch durchsetzen und wesentlich öfter eingesetzt werden.

Neben den genannten Märkten existieren weitere und zukünftige Märkte ergeben sich. Als Beispiel sei der äußerst interessante Markt der Sekundärregelung genannt. Hierzu sind jedoch noch Techniken zu entwickeln. Ebenso interessant sind die Möglichkeiten den Gasverbrauch eines Bilanzkreises zu optimieren. KWK-Anlagen sind für einen Erdgasbilanzkreis Verbraucher, welche zur Optimierung eingesetzt werden können.

Zusammenfassung

Das System „Virtuelles Kraftwerk" liefert eine äußerst zukunftsträchtige Technik, welche bei der zukünftigen dezentralen Energiewirtschaft entscheidende Vorteile bietet:

- Erheblicher Beitrag zur Sicherstellung der Stromnetzqualität: Durch die erstmalig mögliche wirtschaftliche Integration von dezentralen Stromerzeugern wird die Sicherstellung der Stromnetzqualität langfristig gesichert.
- Verbreitung der KWK: Die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen führt automatisch zur einer Erhöhung des umweltfreundlichen KWK-Stromes.
- Reduktion der Netznutzungsentgelte: Die Regelenergie wird über die Netznutzungsentgelte finanziert. Gelingt es die KWK in die Regelenergie zu führen, wird es endlich einen Wettbewerb in diesem Bereich geben.
- Soziale Nebeneffekte: Dadurch, dass eine Reduktion der Netznutzungsentgelte erreicht wird, wird eine Absenkung der Stromkosten möglich, was sozial schwächere Bevölkerungsschichten insbesondere interessiert.

TSB
Transferstelle Bingen

Transferstelle für rationelle und regenerative Energienutzung
Prof. Dr. Ralf Simon
Berlinstraße 107a
55411 Bingen
simon@tsb-energie.de

ABGnova GmbH, Frankfurt

In Frankfurt am Main arbeiten Energie- und Wohnungswirtschaft zusammen, um das Energieangebot und den Energiebedarf besser aufeinander abzustimmen. In 2009 haben die Mainova AG und die ABG FRANKFURT HOLDING ein Tochterunternehmen, die ABGnova GmbH, gegründet. Die ABGnova treibt Innovationen zur Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz voran. Bereits frühzeitig hat die Mainova AG auf dezentrale Energieerzeugung mit KWK-Anlagen gesetzt. So wird heute die Fernwärme des Unternehmens zu über 80 Prozent im KWK-Prinzip erzeugt. Der städtische Wohnungskonzern ABG FH versorgt die Mieter/-innen derzeit u. a. aus 26 BHKW mit Wärme. In Frankfurt am Main sind derzeit über 150 BHKW in unterschiedlichen Leistungsbereichen im Einsatz. Gemeinsam möchten Mainova und ABG FH KWK-Anlagen als virtuelles Kraftwerk betreiben. Damit wollen die Unternehmen die notwendige Infrastruktur aufbauen und testen, Erfahrungen über den Betrieb von KWK-Anlagen im virtuellen Kraftwerk gewinnen und schließlich prüfen, unter welchen Voraussetzungen ein virtuelles Kraftwerk mit KWK-Anlagen in Mehrfamilienhäusern wirtschaftliche Vorteile hat.

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung wird in den nächsten Jahren weiter wachsen. Da Wind und Sonneneinstrahlung stark schwanken, werden dezentrale Stromerzeuger zum Ausgleich immer wichtiger. KWK-Anlagen in Wohngebäuden werden üblicherweise wärmegeführt betrieben, für den Bedarf des vorgelagerten Stromnetzes sind sie blind. Das soll sich mit einer zentralen Steuerung ändern.

Beim Aufbau eines virtuellen Kraftwerks für KWK-Anlagen in Wohngebäuden steht ABGnova in einem intensiven Meinungsaustausch insbesondere mit der Mainova EnergieDienste, den Stadtwerken Aalen, der Fachhochschule Bingen und der Technischen Universität Braunschweig.

Es erscheint uns wichtig, dass auch bestehende KWK-Anlagen in das virtuelle Kraftwerk integriert werden können. Daher ist eine Kommunikation zwischen der Zentrale und den BHKW unabhängig vom Anlagenhersteller und vom BHKW-Typ erforderlich. Um den Vorteil des Betriebes wirtschaftlich bewerten zu können, sehen wir derzeit eine Vermarktung des ins Netz gespeisten Stroms an der EEX-Börse vor. Da die erzielbaren Mehrerträge bei der EEX-Vermarktung pro Kilowattstunde vergleichsweise gering sind, müssen von Anfang an Kosteneinsparpotenziale ausgeschöpft werden. Bei der Auswahl der Datenkommunikation können marktübliche Produkte zum Einsatz kommen. Die Auswahl bzw. Entwicklung einer geeigneten Prozessleittechnik stellt sicherlich die größte Herausforderung dar. Die Prozessleittechnik entwickelt einen Fahrplan für jedes BHKW auf Basis verschiedener Parameter. Zu den Eingangsdaten zählen u.a. EEX-Preise, Wetterdaten, Gebäudewärmebedarf, Einkaufspreise Gas/Strom etc. Die Stadtwerke Aalen haben hier bereits wertvolle Arbeit geleistet.

Wie in dieser Broschüre bereits deutlich wurde, hat die Fachhochschule Bingen bereits weitentwickelte Lösungen zur Vermarktung von Strom aus z. B. Notstromdieseln als positive Regelenergie /Minutenreserve. Zusammen mit der Mainova EnergieDienste GmbH und der Fachhochschule Bingen wird ABGnova untersuchen, welche Möglichkeiten mit KWK-Anlagen

zur Bereitstellung negativer Regelenergie bestehen. Dies soll als erster Schritt im Rahmen einer Studie bewertet werden. Das Ziel ist es ab 2011 mit dem Test eines virtuellen Kraftwerks zu starten. Die ABGnova wird regelmäßig in Veranstaltungen über den Fortschritt der Arbeiten informieren.

ABGnova GmbH
Bernd Utesch MBA
Ginnheimer Straße 48
60487 Frankfurt am Main
b.utesch@abgnova.de

Unsere Idee: Das Projekt moma

Wir verändern uns mit! Ein „intelligenter Energieorganismus" bildet den Grundgedanken des Projekts „Modellstadt Mannheim", kurz „moma". Als Sinnbild für diesen Organismus steht das grüne Blatt eines Baumes mit seinen Adern für den Transport von Energie und Information. Diesem Gedanken folgt auch unser Entwurf eines Stromnetzes der Zukunft: Dezentral erzeugte Energie aus Wind, Sonne oder Kraft-Wärme-Kopplung wird intelligent verteilt und nah am Ort der Erzeugung verbraucht.

Eine Voraussetzung für dieses System ist ein intelligentes Stromnetz, das nicht nur Energie überträgt, sondern durch moderne Informations- und Kommunikationstechnik alle Beteiligten miteinander verbindet: die Erzeuger von Strom, die Verbraucher, die Speicher und das Netz selbst. Ist ein solches Netz installiert, kann auf dieser Grundlage eine Art Marktplatz entstehen, auf dem aus Angebot und Nachfrage ein Marktpreis gebildet wird.

Ferner sorgt beim Verbraucher eine intelligente Steuerung dafür, dass Strom bevorzugt dann verbraucht wird, wenn auch viel Strom erzeugt wird, also wenn die Sonne scheint oder der Wind weht. Diese Steuerung, „Energiebutler" genannt, weiß auch, welches Gerät im Haushalt wie viel Strom verbraucht und wann der beste Zeitpunkt ist, um möglichst günstig zu waschen, zu trocknen oder das Geschirr zu spülen. Der Energiebutler ist aber gleichzeitig dafür verantwortlich, die Energie im Gebäude des Kunden höchst effizient zu nutzen. Er wird damit Grundlage vielfältiger neuer Energiedienstleistungen, mit der der Kunde über seine heute weit verbreiteten mobilen Endgeräte vor Ort aber auch unterwegs kommunizieren kann. Der Verbraucher kann mit dem System aus intelligentem Netz und Energiebutler die Kosten seines Energieverbrauchs selbst bestimmen, indem er die Benutzung großer Verbraucher automatisch vom Preisniveau abhängig macht. Außerdem werden der eigene Stromverbrauch und die Herkunft des verbrauchten Stroms transparent. Damit hat der Kunde die Möglichkeit, sich gezielt umweltfreundlich zu verhalten und seinen Umgang mit Energie zu verändern.

Voraussetzung für diese Vision ist eine leistungsfähige und schnelle Interaktion aller Komponenten im Verteilnetz. In moma erfolgt dies über ein Breitband-Powerline-Netz, das Internetprotokollbasierte Datenübertragung über das Stromnetz selbst ermöglicht.

Unser Praxistest

Mannheim und MVV Energie als lokaler Energieversorger haben eine langjährige Geschichte gemeinsamer erfolgreicher Praxistests innovativer Technik. Die Mannheimer kennen ihren Energieversorger als ein Unternehmen, das neue technische Entwicklungen vorantreibt und so die Stadt als Technologiestandort stärkt. Auch das Prinzip des „Energieorganismus", das hinter der Modellstadt Mannheim steht, soll nicht in der Theorie stehen bleiben, sondern in Mannheim und in Dresden in der Praxis erprobt werden, um den späteren Einsatz in der Realität zu ermöglichen. Dieser Praxistest ist bereits 2009 gestartet und wird bis zum Jahr 2012 voraussichtlich insgesamt 1500 Teilnehmer umfassen.

In den Praxistests simulieren die Projektpartner die Stromversorgung der Zukunft: ein intelligentes Stromnetz mit vielen dezentralen Energieerzeugern, dazu Tarife, die sich nach Angebot und Nachfrage richten sowie vielfältige neue Energieservices. Die Teilnehmer erhalten aktuelle Informationen über Preise und Herkunft ihres Stroms und über den Verkaufspreis des selbst erzeugten Stroms, wenn sie eine Erzeugungsanlage haben. Die Verarbeitung dieser Informationen wird den Teilnehmern durch den Einbau eines automatisierten Energiemanagements und durch neue Energiedienste erleichtert. Auf diese Weise hat am Ende jeder Teilnehmer die Möglichkeit, zu mehr Energieeffizienz beizutragen, Energiekosten zu sparen und seinen Energieeinsatz zu steuern.

Das E-Energy Programm

Die Bundesregierung hat die Herausforderungen für die Energieversorgung von morgen erkannt und den Wettbewerb E-Energy ausgeschrieben. Die Projektpartner haben mit Ihrer Idee „Modellstadt Mannheim" daran teilgenommen und wurden im Jahr 2008 als eines von bundesweit sechs Leuchtturmprojekten ausgezeichnet.

In dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) initiierten Programm werden in ressortübergreifender Partnerschaft mit dem Bundesministerium für Umwelt, Natur - schutz und Reaktorsicherheit (BMU) entsprechende Forschungs- und Entwicklungs-Aktivitäten mit insgesamt etwa 60 Millionen Euro gefördert. Damit wird ein Gesamtvolumen von rund 140 Millionen Euro mobilisiert. E-Energy soll das Optimierungspotenzial der Informations- und Kommunikationstechnik erschließen, um mehr Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit sowie Klima- und Umweltverträglichkeit in der Stromversorgung zu erreichen. So sichert E-Energy substantielle Innovations-, Wachstums- und Beschäftigungspotenziale am Standort Deutschland und vermindert nachhaltig die Abhängigkeit von Energieimporten.

Internet der Energie und Marktplatz

In den E-Energy-Projekten wird erstmals ein „Internet der Energie" geschaffen, welches das gesamte Elektrizitätssystem von der Stromerzeugung über die Netze bis hin zum Stromverbrauch intelligent steuert und regelt. Insbesondere wird eine Balance zwischen volatiler, wetterabhängiger Stromerzeugung und fluktuierendem Stromverbrauch verwirklicht. Darüber hinaus führen die E-Energy-Projekte zu neuartigen Regel- und Speichermöglichkeiten und schaffen damit auch die Basis für eine erfolgreiche Entwicklung der Elektromobilität. So eröffnen sich neue Möglichkeiten für die Entlastung der Netze und die optimale Aus - schöpfung vorhandener Kapazitäten. Gleichzeitig wird die klassische Trennung zwischen Stromerzeuger und Verbraucher aufgehoben und ein echter Marktplatz der Energie geschaffen.

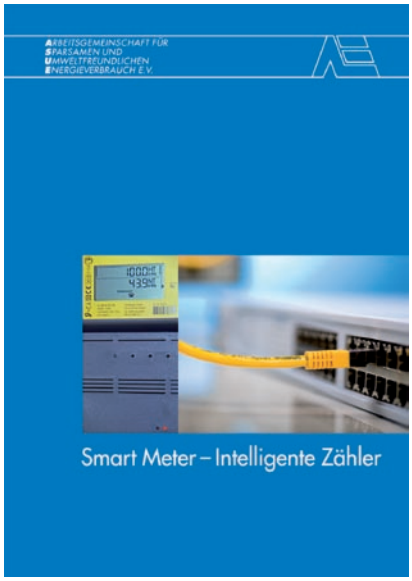
www.modellstadt-mannheim.de

MVV Energie

MVV Energie AG
Konzernabteilung Technologie & Innovation
Dr. Robert Thomann
Luisenring 49
68159 Mannheim
robert.thomann@mvv.de

Smart Meter - intelligente Zähler

Best.-Nr. 05 11 10

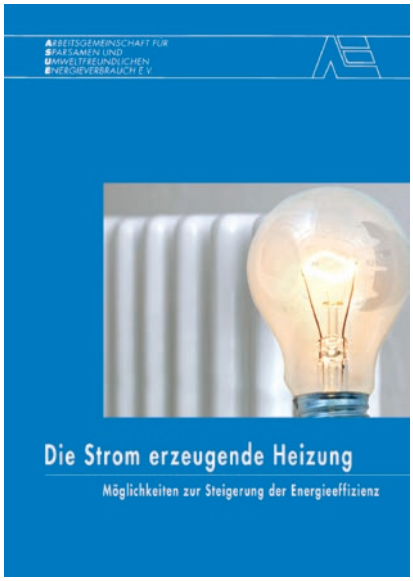


BHKW-Grundlagen

Best.-Nr. 06 06 10

BHKW-Kenndaten 2011

Best.-Nr. 05 01 11



Die Strom erzeugende Heizung

Best.-Nr. 05 02 10

Quellen:

1 Bundesumweltministerium, www.bmu.de
2 Umweltbundesamt, CO_2-Emissionen nach Quellkategorien, Stand vom 23.11.2008
3 Ziel ist: im Jahre 2020 40% weniger THG-Emissionen gegenüber 1990, 55% weniger im Jahre 2030, 70% weniger im Jahre 2040 und 80 bis 95% weniger im Jahre 2050.
4 BMWi, Zwischenprüfung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes, 2005.
5 BMWi, Roadmap Energiepolitik 2020: Zehn Leitsätze, Stand vom Januar 2009
6 BMWi, Broschüre „Klimaschutz und Effizienz", Seite 38
7 ASUE e.V., Broschüre „BHKW-Kenndaten"
8 H.G.S. Henkelhausen G.A.S. Service GmbH & Co. KG, Krefeld
9 ASUE e.V., Broschüre „Strom erzeugende Heizung", www.stromerzeugende-heizung.de
10 www.energie-fakten.de, www.umweltlexikon-online.de,
11 ASUE e.V., Broschüren „Strom erzeugende Heizung" und „BHKW-Kenndaten"
12 BMU, Atomenergie und Sicherheit
13 www.bmu.de
14 Bundesnetzagentur, SAIDI-Wert, Stand vom 25.01.2010
15 Bundesnetzagentur, SAIDI-Wert, Stand vom 25.01.2010
16 www.amprion.net
17 www.offshore-wind.de
18 www.offshore-basis.com
19 dena, Erneuerbare Energien in Zahlen, Stand Juni 2010
20 www.energie-visions.de
21 BMU, www.erneuerbare-energien.de
22 dena, Erneuerbare Energien in Zahlen, Stand Juni 2010
23 dena, Erneuerbare Energien in Zahlen, Stand Juni 2010
24 ASUE e.V., Broschüre „BHKW-Kenndaten"
25 dena, Erneuerbare Energien in Zahlen, Stand Juni 2010
26 ASUE e. V., Broschüre „Strom erzeugende Heizung", www.stromerzeugende-heizung.de
27 ASUE e. V., Broschüre „Strom erzeugende Heizung", www.stromerzeugende-heizung.de
28 www.callux.net
29 www.callux.net
30 IHK Schleswig –Holstein, „Smart Metereing. Eine Übersicht der aktuellen rechtlichen Grundlagen" (Dokument 23385)
31 ASUE e.V., Broschüre „Smart Meter"
32 www.eex.com
33 Phelix: Physical Electricity Index, ausschlaggebender Referenzpreis für Strom
34 www.eex.de, „OTC-Clearing Bedingungen"

Impressum

Herausgeber

ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Stauffenbergstraße 24
10785 Berlin

www.asue.de
info@asue.de
Telefon 0 30 / 23 00 50 92
Telefax 0 30 / 23 00 58 98

Redaktion

Sabine Ruhnau, denkgetriebe marketing- und kommunikationsberatung, Essen

Bernd Utesch MBA, ABGnova GmbH, Frankfurt a. Main

ASUE e.V., Essen

Grafik

Kristina Weddeling, Essen

Bezug

energieDRUCK

Verlag für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch

Girardetstraße 2-38, Eingang 4
45131 Essen

www.energiedruck.de
bestellung@energiedruck.de
Telefon 02 01 / 79 98 92 04
Telefax 02 01 / 79 98 92 06

Das virtuelle Kraftwerk
Bestellnummer: 05 12 10
Schutzgebühr: 3,00 Euro
Stand: November 2010

Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben.

www.asue.de

Überreicht durch: