

Renews Spezial

Ausgabe 58 / Juni 2012

Hintergrundinformation
der Agentur für Erneuerbare Energien

„Smart Grids“ für die Stromversorgung der Zukunft

Optimale Verknüpfung von
Stromerzeugern, -speichern
und -verbrauchern

www.unendlich-viel-energie.de



Autoren:

Claudia Kunz
Alena Müller
Daniel Saßning
Stand: Mai 2012

Herausgegeben von:

**Agentur für Erneuerbare
Energien e. V.**

Reinhardtstr. 18
10117 Berlin
Tel.: 030-200535-3
Fax: 030-200535-51
kontakt@unendlich-viel-energie.de

ISSN 2190-3581

Unterstützer:

Bundesverband Erneuerbare Energie
Bundesverband Solarwirtschaft
Bundesverband WindEnergie
Bundesverband Wärmepumpe
GtV - Bundesverband Geothermie
Bundesverband Bioenergie
Fachverband Biogas
Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie

Gefördert durch:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Inhalt

• Systemtransformation in der Stromversorgung	4
• Erneuerbare Energien verändern das Energieversorgungssystem	5
• Notwendige Anpassungen im Versorgungssystem	7
– Ausbau der Stromnetze	8
– Flexibilisierung der Stromerzeugung	9
– Virtuelle Kraftwerke	10
– Wachsender Bedarf an Energiespeichern	11
– Flexibilisierung der Stromnachfrage	12
• Potenziale zur Steuerung der Stromnachfrage	13
– Industrie und Gewerbe	13
– Haushalte	15
– Lastverschiebepotenzial von Wärmepumpen	16
– Perspektiven der Elektromobilität	17
• Smart Grid – moderne Informations- und Kommunikationstechnik im Stromnetz	19
– Smart Meter	20
– Lastvariable Tarife	21
– Regulatorische und technische Herausforderungen für die Implementierung von Smart Grids	21
– Pilotprojekte	22
• Ausblick	22
• Quellen und weitere Informationen	23

Systemtransformation in der Stromversorgung

Unser heutiges Stromsystem stammt noch aus der Zeit der Energieversorgungsmonopole. Bis vor wenigen Jahren versorgten fast ausschließlich fossile und nukleare Großkraftwerke die Verbraucher mit elektrischer Energie. Mit der Liberalisierung der Strommärkte und dem erfolgreichen Ausbau der Erneuerbaren Energien haben sich diese Verhältnisse verschoben. Neue Akteure und neue, dezentrale Technologien sind auf den Markt getreten und stellen das Energiesystem vor neue Herausforderungen.

Für eine stabile Stromversorgung muss zu jeder Zeit genauso viel Strom erzeugt wie verbraucht werden. Das war in der Vergangenheit recht einfach: Die Stromnachfrage der Verbraucher bestimmte die Erzeugungsfahrpläne der Kraftwerke. Kleinere Abweichungen zwischen der erwarteten und der tatsächlichen Nachfrage wurden von den Großkraftwerken ausgeglichen. Mit dem zunehmenden Anteil der Wind- und Sonnenenergie wird es schwieriger, das Gleichgewicht zwischen Stromangebot und -nachfrage zu halten, da sich die Stromerzeugung aus Wind und Sonne nicht nach einem vorgegebenen Lastprofil, sondern nach den natürlichen Gegebenheiten richtet. Wachsende Teile der Stromerzeugung unterliegen also starken Schwankungen und stehen nicht immer bedarfsgerecht zur Verfügung. In Zukunft kommt es häufiger vor, dass die Erzeugung den Bedarf zu bestimmten Zeiten übersteigt und umgekehrt.

Wind- und Sonnenenergie haben die größten Potenziale unter den erneuerbaren Stromerzeugungsoptionen. Sie werden daher künftig die wesentlichen Säulen der Versorgung bilden. Das gesamte Stromversorgungssystem, inklusive Kraftwerkspark, Speichern, Stromnetzen und Verbrauchern, muss sich an ihre schwankende Erzeugung anpassen. Das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch muss durch ein intelligentes Erzeugungs- und Lastmanagement hergestellt werden. Dies erfordert den flexiblen Betrieb steuerbarer Stromerzeuger, den Ausbau von Speichern und auch die Verschiebung der Stromnachfrage in Zeiten günstigen Angebots. Verschiedene Akteure müssen so gesteuert werden, dass sie zur Gewährleistung der Versorgungsstabilität beitragen. Die Bedeutung von Energiespeichern und lastvariablen Verbrauchern wie Wärmepumpen, Elektrofahrzeugen oder „intelligenten“ Haushaltsgeräten wächst. Sie müssen über das Stromnetz miteinander verknüpft und gesteuert werden. Dies erfordert eine Ausstattung des Stromnetzes mit moderner Informations- und Kommunikationstechnologie. Solche modernen Stromnetze werden als „Smart Grids“ oder „intelligente Stromnetze“ bezeichnet. Wurde in der Vergangenheit meist von einer „Integration der Erneuerbaren Energien“ in das bestehende System gesprochen, spricht man angesichts dieses umfassenden Umbaus der Energieversorgung inzwischen immer häufiger von einer notwendigen „Systemtransformation“.

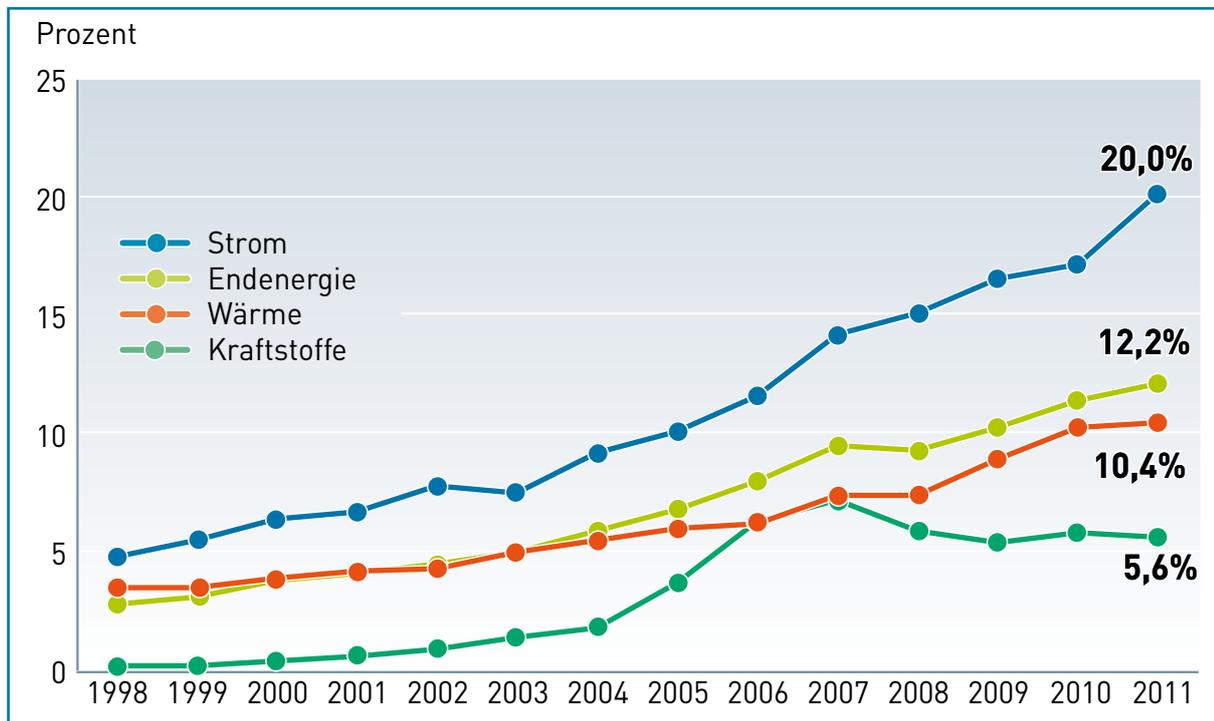
Dieses Hintergrundpapier informiert über die Notwendigkeit und den aktuellen Stand von Smart Grids und zeigt, welche Veränderungen sich daraus für die verschiedenen Akteure im Energieversorgungssystem ergeben werden.

Erneuerbare Energien verändern das Energieversorgungssystem

In Deutschland steigen die Zahl der Stromerzeugungsanlagen und die insgesamt im Kraftwerkspark installierte Leistung deutlich an. Neben wenigen konventionellen Großkraftwerken gibt es zunehmend kleine, dezentrale Erzeuger wie Windräder, Photovoltaik- oder Biogasanlagen.

Im Jahr 2011 hat der Ökostromanteil am deutschen Strommix die Marke von 20 Prozent überschritten. Aus Gründen des Klimaschutzes und des Ausstiegs aus der Atomenergie ist der sukzessive Umstieg auf eine vollständig erneuerbare Versorgung unumgänglich. Die Bundesregierung will den Anteil von „grünem“ Strom bis 2020 auf mindestens 35 Prozent und bis 2050 auf 80 Prozent steigern.

Anteil Erneuerbarer Energien am Energieverbrauch in Deutschland

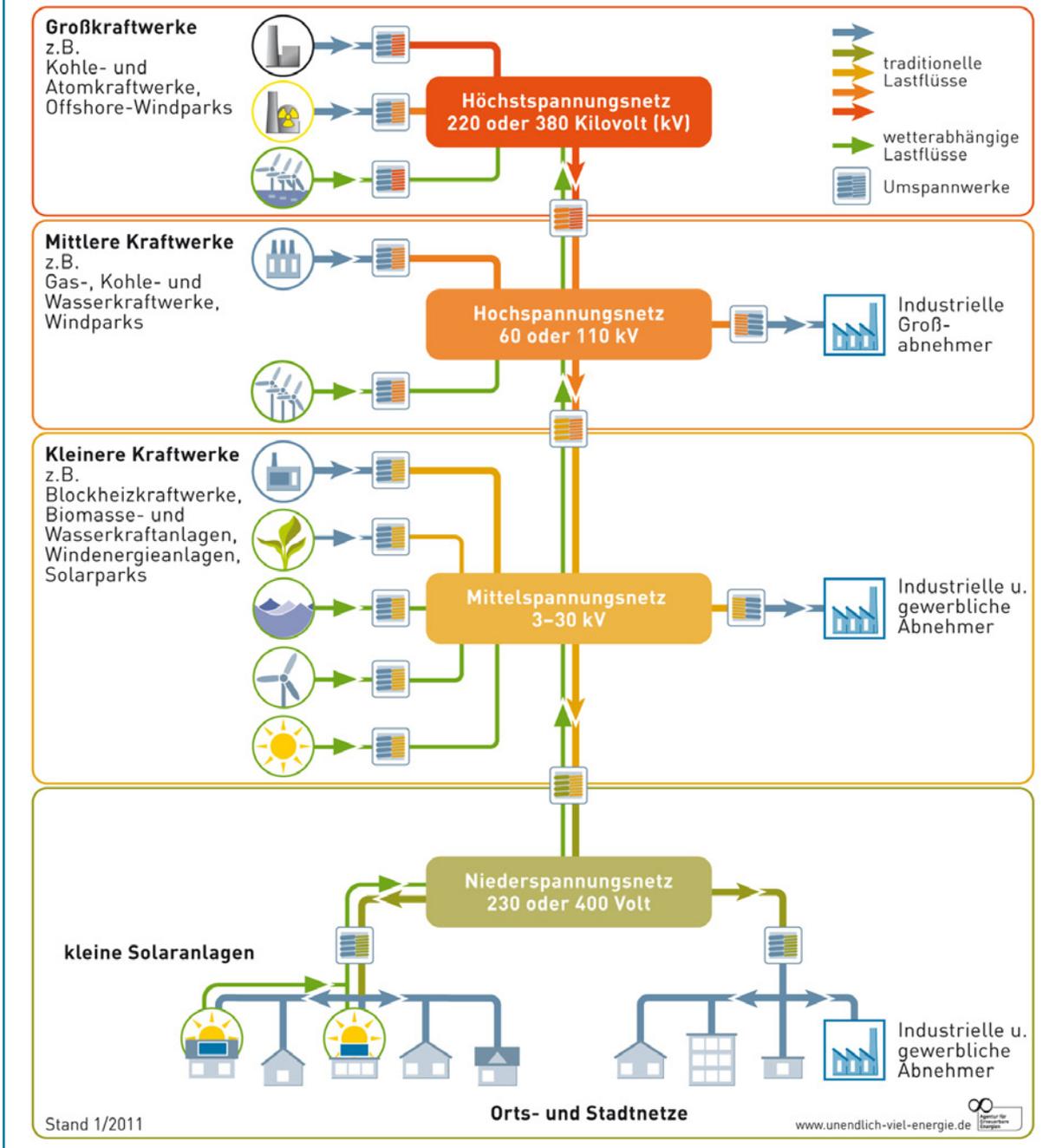


Quelle: BMU 03/2012

Diese Umstellung verändert das Versorgungssystem und stellt neue Anforderungen an den Ausgleich von Erzeugung und Nachfrage sowie die Verteilung des Stroms. Früher speisten die Großkraftwerke ihren Strom in das Übertragungsnetz und der Strom gelangte von dort dann in einer Art Einbahnstraße über die Verteilnetze zu den Verbrauchern. Größere Einspeisemengen in den Verteilnetzen gab es nicht. Das hat sich mit den Erneuerbaren Energien und der zunehmend dezentralen Erzeugung geändert. In Zeiten mit hoher Sonneneinstrahlung oder starkem Wind kehren sich die Lastflüsse zeitweilig um. In Netzregionen, wo es viele Solar- und Windenergieanlagen gibt, wird der Strom nun teilweise von den niederen Spannungsebenen in die höheren transportiert und von dort weiterverteilt.

So funktioniert unsere Stromversorgung

Das Stromnetz in Deutschland ist traditionell als Einbahnstraße konzipiert. Das Höchstspannungs- oder Übertragungsnetz transportiert den Strom aus Großkraftwerken über große Entfernungen zu den Verbrauchsschwerpunkten. Die Hochspannungsnetze verteilen den Strom in einer größeren Region auf die Mittelspannungsnetze. Von dort fließt er in die lokalen Niederspannungsnetze, an die kleine Stromverbraucher angeschlossen sind. Durch den Ausbau von Wind- und Solarenergie kehren sich die Lastflüsse nun zeitweise um. Dann fließt Strom von den unteren in die oberen Spannungsebenen.



Eine besondere Herausforderung stellt die stark schwankende Energieerzeugung durch Sonne und Wind dar. Windenergie- und Photovoltaikanlagen erzeugen nur dann Strom, wenn der Wind weht, beziehungsweise die Sonne scheint. Nicht immer sind diese natürlichen Quellen dann vorhanden, wenn die Verbraucher besonders viel Strom nachfragen. Gleichzeitig gibt es Zeiten mit Starkwind, in denen die Stromnachfrage gering ist. Bereits heute kommt es in solchen Situationen vermehrt dazu, dass Windenergieanlagen abgeregelt werden, um die Netzstabilität zu sichern. Dann bleibt die saubere und kostengünstige Energiequelle Wind ungenutzt. Selbst im insgesamt windschwachen Jahr 2010 sind auf diese Weise zwischen 72 und 150 Gigawattstunden Windstrom verloren gegangen, so eine Studie des Beratungsunternehmens ECOFYS im Auftrag des Bundesverbandes WindEnergie (BWE). An insgesamt 107 Tagen haben Netzbetreiber vor allem in Nord- und Ostdeutschland in die Erzeugung eingegriffen. Damit hat sich die Zwangsdrosselung von Windenergieanlagen zwischen 2009 und 2010 fast verdoppelt. Das ist aus ökonomischen wie ökologischen Gründen extrem bedauerlich. Mit der verloren gegangenen Strommenge könnten 21.000 bis 43.000 typische Dreipersonenhaushalte ein Jahr lang mit Strom versorgt werden.

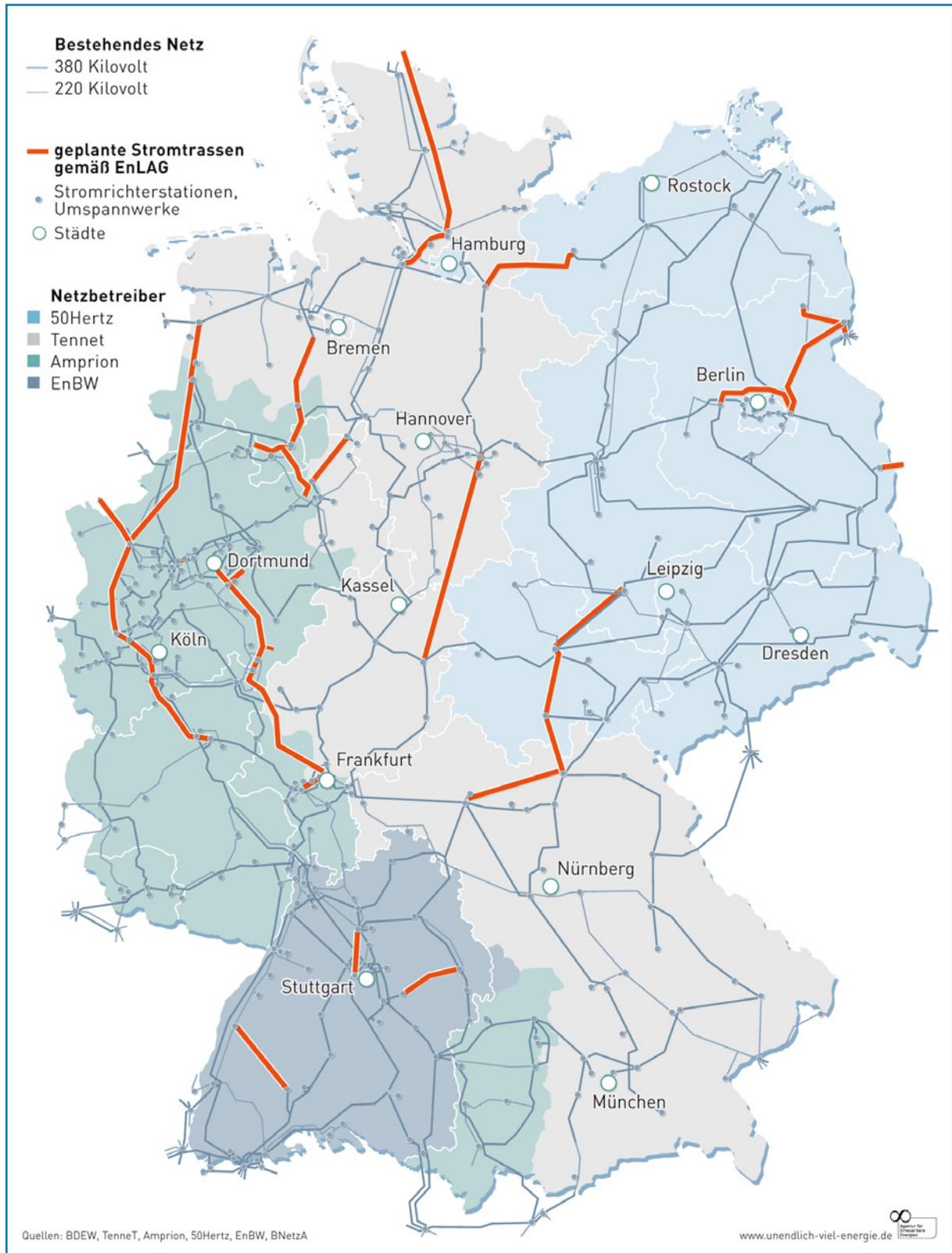
Notwendige Anpassungen im Versorgungssystem

Ausbau der Stromnetze

Dass heute Windenergieanlagen abgeregelt werden, hat vor allem mit Transportengpässen von den Erzeugungs- in die Verbrauchszentren zu tun. Deswegen müssen die Stromnetze ausgebaut werden. Engpässe betreffen bisher überwiegend die Hochspannungsebene (110 kV), zunehmend aber auch die 220 kV- beziehungsweise 380 kV-Ebene, also das Übertragungsnetz. Durch den dynamischen Ausbau der Photovoltaik gibt es vor allem in Süddeutschland auch schon Engpässe in den Mittel- und Niederspannungsnetzen. Zusätzliche Kapazitäten im Übertragungsnetz sind insbesondere in Nord-Süd-Richtung erforderlich. Einen Eindruck von den bestehenden und geplanten Höchstspannungsleitungen gibt die Grafik auf der folgenden Seite.

Ein leistungsfähigeres Stromnetz und der Ausbau der Grenzkuppelstellen, also der Übertragungskapazitäten in die Nachbarländer, sind wichtige Bausteine für ein flexibles Versorgungssystem. Der Strom kann so je nach Wetter und Bedarf in die entsprechende Richtung fließen, örtliche Windflauten lassen sich überregional und sogar international ausgleichen. Zwar kann man einen ähnlichen Effekt mit Energiespeichern erreichen, der Netzausbau ist jedoch die bei weitem kostengünstigere Variante.

Das deutsche Höchstspannungsnetz



Da das Ein- und Ausspeichern von Strom immer mit Wirkungsgradverlusten verbunden ist, sollte Strom möglichst dann verbraucht werden, wenn er erzeugt wird. Vorrangig sind also der Netzausbau, die Flexibilisierung des Kraftwerksparks und die Anpassung der Stromnachfrage durch flexible Verbraucher (Lastmanagement). Die Erschließung neuer Speicherkapazitäten ist zwar erforderlich für eine vollständig regenerative Stromversorgung, steht unter Wirtschaftlichkeitsaspekten aber am Schluss der Maßnahmenliste.

Flexibilisierung der Stromerzeugung

Gegenwärtig werden die meisten Kraftwerke auch bei hoher Einspeisung der Erneuerbaren Energien mit ihrer Mindestleistung¹ betrieben, um Systemdienstleistungen wie Regelenenergie und Blindleistung zu liefern. Experten sprechen hier vom „Must-run-Sockel“, wobei noch unklar ist, wie hoch dieser Sockel tatsächlich sein muss. Denn auch Erneuerbare-Energien-Anlagen und kleinere, dezentrale fossil betriebene Kraftwerke (BHKW) können zunehmend Systemdienstleistungen übernehmen. Häufig werden die konventionellen Kraftwerke, die jederzeit mit Mindestlast laufen, um bei Bedarf schnell hochgefahren zu werden, auch als „Schattenkraftwerke“ bezeichnet.

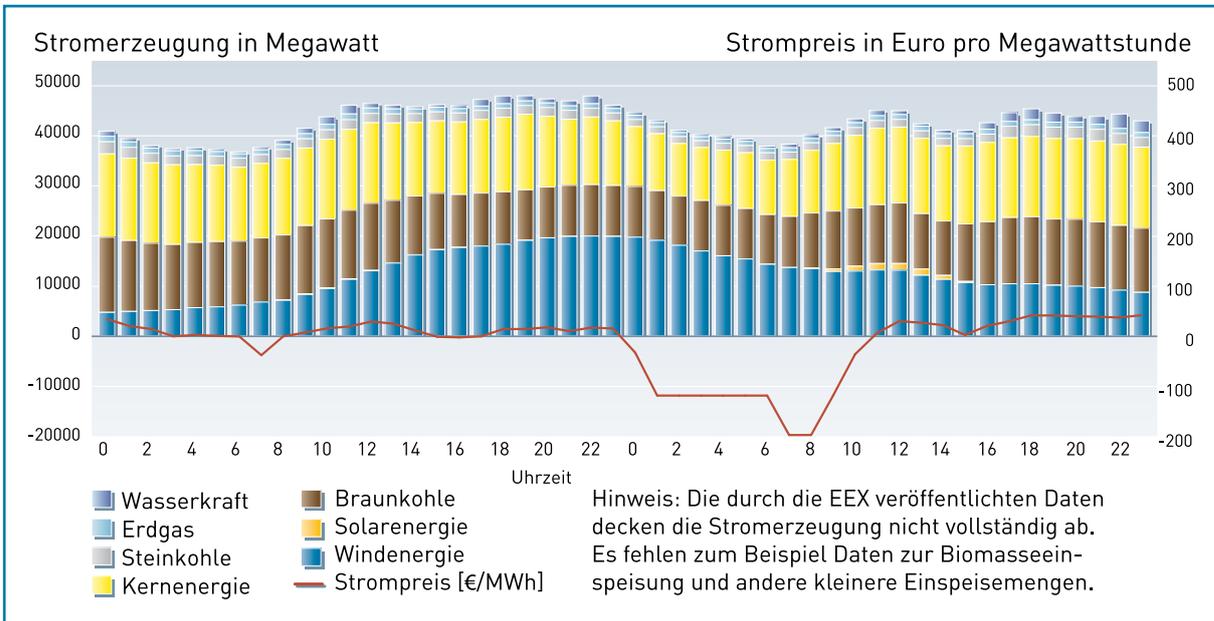
Durch das Wachstum der Erneuerbaren Energien kommt es immer öfter vor, dass konventionelle Kraftwerke betrieben werden, obwohl eigentlich gerade gar kein Bedarf für den von ihnen erzeugten Strom besteht. Dass die Kraftwerke dennoch laufen, liegt zum einen an den genannten Systemdienstleistungen, zum anderen an dem hohen Aufwand für die Betreiber und dem stärkeren Verschleiß der Anlagentechnik, die mit dem häufigen Ab- und Wiederanfahren der Kraftwerke verbunden sind. Das betrifft vor allem die Grundlastkraftwerke, d.h. Braunkohle und Kernenergie. Daher nehmen die Kraftwerksbetreiber in solchen Situationen lieber zeitweise negative Preise an der Strombörse in Kauf, als ihr Kraftwerk abzuschalten. Dann zahlt der Stromverkäufer dem Stromabnehmer für die Abnahme des Stroms Geld statt umgekehrt. Eine solche Situation illustriert die Grafik auf der nächsten Seite.

Vor allem bei den Grundlastkraftwerken, die auf einen Rund-um-die-Uhr-Betrieb ausgelegt sind, ist die Mindestlast recht hoch. Braunkohlekraftwerke müssen mit mindestens 45 Prozent ihrer maximalen Leistung und Atomkraftwerke mit 50 Prozent ihrer Leistung laufen, also Strom erzeugen, damit sie oberhalb dieses Wertes dem Bedarf entsprechend geregelt werden können. Dies zeigt, dass der weitere Ausbau der Erneuerbaren Energien den Bedarf an Grundlastkraftwerken verdrängt. Vielmehr werden flexibel steuerbare Erzeugungseinheiten benötigt, die die Schwankungen von Wind und Sonne gut ausgleichen können. Dafür sind neben steuerbaren Erneuerbaren Energien, wie mit Biogas betriebene Blockheizkraftwerke (BHKW), flexible fossile Kraftwerke geeignet, vor allem Erdgaskraftwerke. Die Stromerzeugung aus fossilen Energien dient dabei so lange als Back-Up für Sonne und Wind, bis ausreichende Speicherkapazitäten geschaffen sind, die diese Aufgabe übernehmen können.

¹ Die Mindestlast oder Mindestleistung ist die minimale Erzeugungsleistung im angefahrenen Zustand. Nur oberhalb dieses Wertes lässt sich das Kraftwerk flexibel regeln. Wird es dagegen vollständig heruntergefahren, braucht das Wiederanfahren mehr Zeit und verursacht zusätzliche Kosten.

Stromerzeugung und Börsenpreis am 25. und 26.12.2009 in Deutschland

Wegen Durchzug eines Sturmtiefs war das Aufkommen an Windstrom insbesondere in den verbrauchsarmen Nachtstunden sehr hoch. Der Strompreis an der Börse sank auf bis zu minus 200 Euro pro Megawattstunde.



Quelle: EEX; Stand: 02/2011

Virtuelle Kraftwerke

Der Begriff virtuelles Kraftwerk umschreibt das Zusammenschalten von kleinen, dezentralen Anlagen zu einem Stromerzeugungsverbund. Die Anlagen werden dann zentral gesteuert und treten nach außen hin wie ein großes Kraftwerk auf. So können neue Vermarktungswege für Strom aus Anlagen erschlossen werden, die sonst zum Beispiel vom Regelenergiemarkt² ausgeschlossen sind, weil sie nicht die erforderliche Mindestleistung haben. Eine andere Möglichkeit ist die bedarfsgerechte Belieferung von Ökostromkunden mit Strom aus einem Verbund verschiedener, sich gegenseitig ergänzender Stromerzeugungsanlagen („Kombikraftwerk“).

Ein Konzept für ein virtuelles Kraftwerk verfolgt zum Beispiel die Firma LichtBlick. Hierbei erzeugen mit Erdgas betriebene Mikro-Blockheizkraftwerke gleichzeitig Strom und Wärme. Sie werden dabei von einer Zentrale aus so gesteuert, dass sie die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien optimal ergänzen. Die Vorteile des Konzepts sind, dass die Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung zum einen besonders effizient und damit umweltfreundlich ist und zum anderen durch entsprechende Wärmepufferspeicher eine sehr hohe Flexibilität erreicht wird. So können die BHKW gezielt dann Strom und Wärme produzieren, wenn der Strom aus Erneuerbaren gerade knapp ist. Wird die Wärme nicht sofort vor Ort verbraucht, kann sie gespeichert werden. Dieses Konzept kann auch bei einem langfristig vollständig auf Erneuerbaren Energien basierendem Stromsystem Bestand haben.

² Der Strommarkt besteht aus verschiedenen Teilmärkten. Dazu gehören auch der Großhandelsmarkt, der zum Teil über die Strombörse abgewickelt wird, und der Regelenergiemarkt. Hier wird die Bereitstellung von Reserveleistung zum kurzfristigen Ausgleich von Last- und Erzeugungsschwankungen gehandelt. Für die Teilnahme am Regelenergiemarkt gelten besondere Vorgaben, weshalb dieser Markt bisher fast ausschließlich konventionellen Großkraftwerken vorbehalten war. Erst langsam öffnet sich der Markt auch für kleinere und alternative Erzeugungseinheiten.

Denn eine zukünftige Speicheroption ist mittels erneuerbarem Strom erzeugter Wasserstoff bzw. daraus gewonnenes Methan, das ins Erdgasnetz gespeist wird. Damit besteht die Aussicht, dass die BHKW langfristig nicht mehr mit fossilem Erdgas laufen, sondern mit „erneuerbarem Gas“.

Wachsender Bedarf an Energiespeichern

Für eine zunehmend auf Erneuerbaren Energien basierende Stromversorgung sind mehr Energiespeicher notwendig. Sie übernehmen im Wesentlichen folgende Funktionen: Bei hoher Stromerzeugung aus Wind und Sonne nehmen sie überschüssigen Strom auf und speisen zeitversetzt bei Erzeugungsdefiziten wieder Strom ein. Zudem stellen sie Regelernergie bereit.

Die einzigen relevanten Großspeicher in Deutschland sind derzeit Pumpspeicherkraftwerke mit einer Leistung von insgesamt rund sieben Gigawatt und einer Speicherkapazität von 40 Millionen Kilowattstunden. Dazu kommt ein Druckluftspeicherkraftwerk mit 321 Megawatt Leistung und einer Kapazität von 642.000 Kilowattstunden. Der Vergleich mit dem durchschnittlichen Stromverbrauch pro Tag in Deutschland in Höhe von etwa 1,5 Milliarden Kilowattstunden zeigt, dass die hiesigen Speicherkapazitäten bisher sehr gering sind. Wie hoch der künftige Bedarf an Speicherleistung sein wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab, zum Beispiel davon, wie schnell und in welchem Verhältnis der Ausbau der Windenergie- und Photovoltaikleistung voranschreitet. Weitere wesentliche Einflussfaktoren sind der Erfolg von Lastmanagementmaßnahmen und der Grad der Vernetzung und der Austausch mit dem Ausland. Auch die Flexibilität des übrigen Kraftwerksparks spielt eine wichtige Rolle. Es gibt also noch hohe Unsicherheiten hinsichtlich des künftigen Speicherbedarfs, klar ist allerdings, dass deutlich mehr Speicherkapazitäten benötigt werden, als heute zur Verfügung stehen.

In naher Zukunft müssen zunächst weitere Kurzzeitspeicher erschlossen werden, um Überschüsse an Wind- und Sonnenstrom aufzunehmen und Systemdienstleistungen bereitzustellen. Das Ausbaupotenzial von Pumpspeicherkraftwerken ist allerdings begrenzt und neue, effiziente (sogenannte „adiabate“) Druckluftspeicher befinden sich derzeit noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Aufgrund sinkender Kosten können in den nächsten Jahren auch Batteriespeicher den Kurzzeitspeicherbedarf zunehmend abdecken. Sie lohnen sich vor allem dann, wenn sie einen Doppelnutzen erfüllen, wie bei der Elektromobilität.

Langfristig müssen jedoch für eine zuverlässige Stromversorgung in einem vollständig regenerativen Energiesystem auch Langzeitspeicher mit großem Speichervolumen erschlossen werden. Nur so sind auch Windflauten von zwei bis drei Wochen zu überbrücken. Hierfür gibt es bisher noch keine technisch ausgereiften und wirtschaftlichen Systeme. Denkbar ist vor allem die Speicherung von erneuerbar erzeugtem Gas. Forscher und erste Unternehmen arbeiten bereits daran, mittels Elektrolyse aus Strom und Wasser Wasserstoff herzustellen. Damit sind zwar relativ hohe Wirkungsgradverluste verbunden, es ist jedoch allemal sinnvoller, überschüssigen Sonnen- und Windstrom auf diese Weise zu nutzen statt in großem Umfang Anlagen abzuregeln. Der so erzeugte Wasserstoff kann bis zu einem bestimmten Anteil direkt ins Gasnetz eingespeist oder in einem weiteren Schritt durch Methanisierung zu synthetischem Erdgas umgewandelt werden. Das Vielversprechende an dieser Technologie ist, dass mit dem Erdgasnetz und den dazugehörigen Gaskraftwerken eine vorhandene Infrastruktur genutzt werden kann. Zudem kann auf diesem Wege Sonnen- und Windstrom auch für den Wärme- und Kraftstoffmarkt (Erdgasautos) verfügbar gemacht werden.

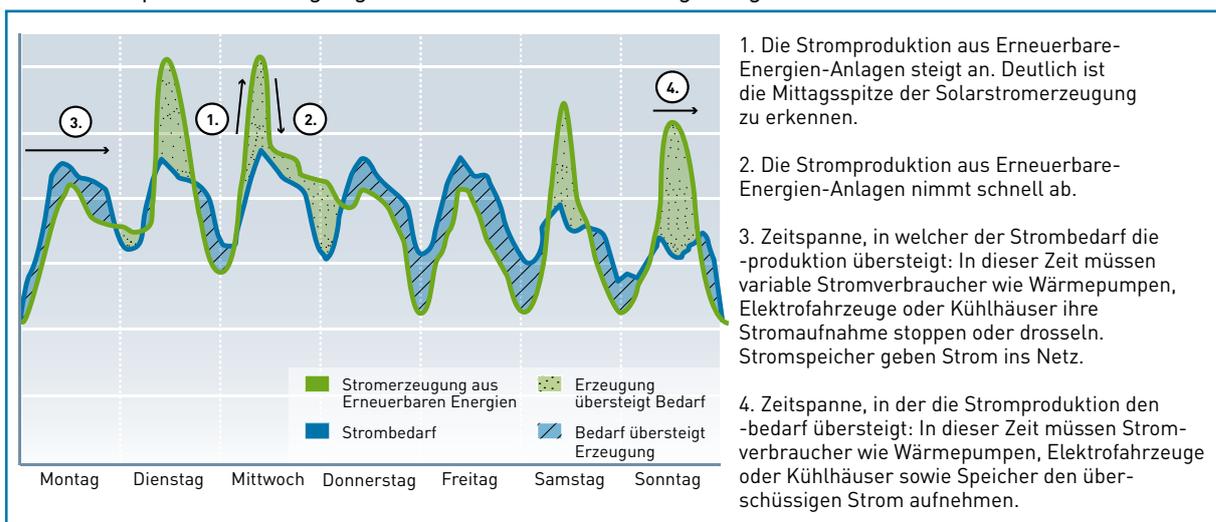
[Mehr Informationen zum Thema Speicher finden sich im Renewes Spezial Nr. 57.](#)

Flexibilisierung der Stromnachfrage

Da die Erschließung neuer Energiespeicher in jedem Fall Zeit braucht und zudem sehr kostspielig ist, sind weitere Ansätze notwendig, um Erzeugung und Verbrauch in Einklang zu bringen. Die Aufmerksamkeit richtet sich daher zunehmend auch auf die Flexibilität der Stromverbraucher. Hier zeichnet sich ein Paradigmenwechsel ab: Während sich in der Vergangenheit die Erzeugung vollständig nach dem schwankenden Bedarf auf Seiten der Verbraucher richtete, geht es in Zukunft auch darum, durch Anpassung der Nachfrage die Schwankungen auf der Angebotsseite auszugleichen. Energieverbraucher sollen ihre Nachfrage so weit wie möglich in Zeiten mit günstigen Angebotsverhältnissen verlagern. Experten sprechen diesbezüglich von Demand-Side-Management oder Laststeuerung. Der energiewirtschaftliche Wert dieser Maßnahmen liegt darin, einerseits die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien besser zu integrieren, andererseits Lastspitzen zu kappen und so den Bedarf für die Vorhaltung teurer Spitzenlastkraftwerke bzw. Speicherkapazitäten zu reduzieren und bestehende Kraftwerke effizienter auszulasten. Die Funktionsweise des Lastmanagements zeigt die folgende Grafik.

Aufgabe von Lastmanagement und Speichern im Smart Grid

Die Stromerzeugung aus Wind und Sonne schwankt. Im Stromnetz der Zukunft müssen Lastmanagement und Speicher Erzeugung und Verbrauch in Einklang bringen.



Da das Lastmanagement ein ganz wesentlicher Bestandteil des künftigen Stromversorgungssystems ist und hier ein erhebliches Potenzial für die Netzintegration der Erneuerbaren Energien und zur Erhöhung der Versorgungssicherheit besteht, geht das folgende Kapitel detaillierter auf einzelne Lastmanagementpotenziale ein.

Potenziale zur Steuerung der Stromnachfrage

Industrie und Gewerbe

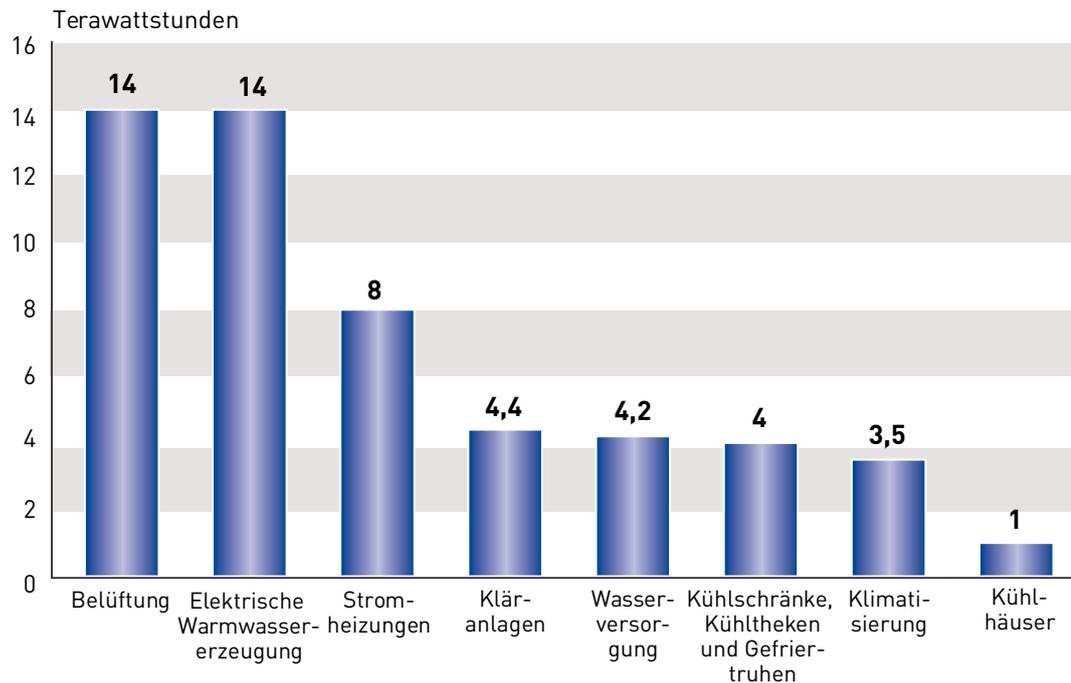
Für das Lastmanagement sind vor allem Anwendungen mit einer relativ hohen elektrischen Anschlussleistung und einem zeitlichen Verschiebepotenzial interessant. Sind die Erzeugungskapazitäten mangels Wind und Sonne gerade sehr knapp, können beispielsweise energieintensive Industriebetriebe einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten, indem sie ihre Stromversorgung unterbrechen. Zum Beispiel verbraucht der größte Aluminiumproduzent in Deutschland, die Trimet-Gruppe, im Jahr rund fünf Terawattstunden Strom für den Betrieb von Elektrolyseöfen, wenn die Produktion ausgelastet ist. Da die Elektrolysezellen auch zwei bis drei Stunden ohne Strom auskommen können, besteht hier die Möglichkeit, erheblich zur Absenkung von Lastspitzen beizutragen. Dadurch, dass im Industriesektor mit der Steuerung einer kleinen Zahl von Verbrauchern ein hoher Effekt erzielt werden kann, sind Lastmanagementpotenziale hier sehr kostengünstig und effizient zu erschließen. Der Verband der Elektrotechnik (VDE) schätzt das Lastverschiebepotenzial in der Industrie je nach Jahreszeit insgesamt auf 24 bis 25 Gigawatt. Das ist eine enorme Größenordnung im Verhältnis zum gesamten Strombedarf in Deutschland. Die deutschlandweite Last liegt meist zwischen etwa 40 Gigawatt in der Nacht und maximal 75 bis 80 Gigawatt zum Zeitpunkt der Höchstlast. Die Höchstlast tritt üblicherweise in den Wintermonaten November bis Februar am späten Nachmittag bzw. frühen Abend zwischen 17 und 19 Uhr auf und gilt als kritischer Zeitpunkt im Hinblick auf die Gewährleistung der Versorgungssicherheit. Die Mobilisierung von Lastverschiebepotenzialen kann hier entscheidende Entlastungseffekte bewirken, um auch bei ungünstigen Wetterverhältnissen oder Kraftwerksausfällen für nicht verschiebbare Anwendungen jederzeit ausreichend Strom zu haben.

Mehr als die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs (Strom, Wärme, Mobilität) entfällt auf die Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und industrieller Prozesswärme. Da sich thermische Energie relativ gut und kostengünstig speichern lässt, können elektrisch betriebene Wärme- und Kälteanwendungen mit thermischen Speichern gut zum Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung Erneuerbarer Energien im Stromsystem beitragen. Ein Kühlhaus kann zum Beispiel bei hohem Stromaufkommen verstärkt Energie aus dem Netz aufnehmen, um seine Waren stärker herunter zu kühlen als eigentlich erforderlich. In angebotsschwachen Zeiten können die Kühlaggregate dadurch vom Netz getrennt werden und so (zeitlich begrenzt) zur Absenkung des Leistungsbedarfs beitragen. Bei Kühllhäusern wird mit einem Verschiebezeitraum von bis zu sechs Stunden gerechnet. Insgesamt schätzt der VDE das Lastverschiebepotenzial im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen je nach Jahreszeit auf vier bis sieben Gigawatt. Die folgende Grafik zeigt gewerbliche Anwendungsbereiche, die sich für das Lastmanagement eignen.

CO₂-Emissionsminderung durch Ausbau, informationstechnische Vernetzung und Netzoptimierung

Stromverbrauch von Technologien mit Lastmanagementpotenzial im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Der sehr heterogene Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen hatte im Jahr 2007 einen Stromverbrauch von 145 Terawattstunden. Hier gibt es eine Vielzahl von Technologien und Prozessen, die für eine Lastverschiebung geeignet sind. Der potenzielle Verschiebezeitraum beträgt dabei je nach Einsatzbereich zwischen einer halben und 24 Stunden.



Quelle: UBA/SIJ/IZES/Öko-Institut/iSUSI: CO₂-Emissionsminderung durch Ausbau, informationstechnische Vernetzung und Netzoptimierung von Anlagen dezentraler, fluktuierender und erneuerbarer Energienutzung in Deutschland. November 2011

www.energie-studien.de



In Ländern wie den Niederlanden, Spanien, Slowenien und Italien sind Lastabschaltungen üblich. Auch in Deutschland wird das Lastverschiebepotenzial in Industrie und Gewerbe in Einzelfällen bereits heute genutzt. Entsprechende Abschaltvereinbarungen beruhen bislang allerdings auf individuellen Vereinbarungen zwischen Industrieunternehmen und Netzbetreibern. Infolge der Energiewende der Bundesregierung und den damit verbundenen Abschaltungen von Atomkraftwerken hat das Bundeswirtschaftsministerium einen Entwurf für eine „Abschaltverordnung“ erarbeitet, die den „Lastabwurf“ verbindlich regeln soll. Die Idee dahinter: Bei oft nur Minuten andauernden extremen Lastspitzen oder kurzfristigen Erzeugungsschwankungen kann die kurzzeitige Abschaltung einzelner Großverbraucher entscheidende Beiträge zur Netzstabilität leisten. Die Unternehmen sollen für die damit verbundenen Einschränkungen finanziell entschädigt und die Kosten über die Netzentgelte auf die Verbraucher umgelegt werden. Der Verordnungsentwurf hat allerdings Anfang 2012 eine Menge Kritik nach sich gezogen und war bei Redaktionsschluss Ende Mai 2012 noch nicht verabschiedet.

Haushalte

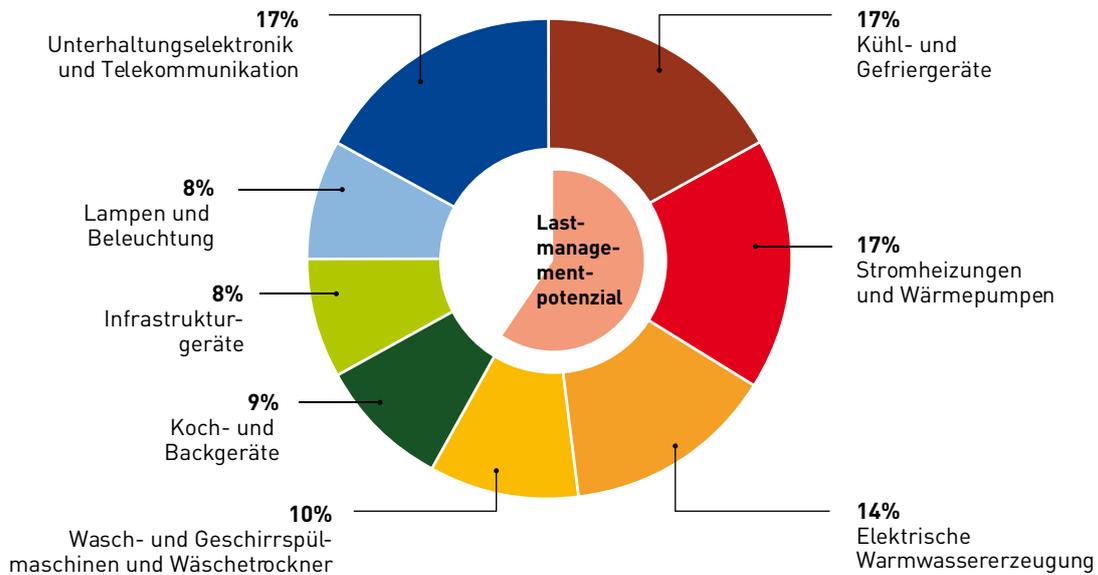
Auch bei den Privathaushalten bestehen Möglichkeiten, die Stromnachfrage ein Stück weit an die Erzeugung anzupassen und somit einen Beitrag zum Ausgleich der fluktuierenden Einspeisung aus Erneuerbaren Energien zu leisten. Dies betrifft mit Strom betriebene Wärme- und Kälteanwendungen sowie andere Geräte, deren Nutzung sich prinzipiell zeitlich verschieben lässt, wie Wasch- und Spülmaschinen. Eine Übersicht zeigt die folgende Grafik.

Forschungsradar Infografik

CO₂-Emissionsminderung durch Ausbau, informationstechnische Vernetzung und Netzoptimierung

Anteil einzelner Gerätegruppen am Stromverbrauch privater Haushalte im Jahr 2004

Die mit Hilfe elektrischer Energie gewonnene Kälte oder Wärme lässt sich in gewissem Umfang speichern. Dadurch kann in Zeiten mit einem hohen Angebot an fluktuierender Stromerzeugung verstärkt Strom abgenommen und zu einem späteren Zeitpunkt entsprechend weniger Strom verbraucht werden. Durch ein angepasstes Nutzerverhalten lässt sich der Betrieb von Wasch- und Geschirrspülmaschinen und Wäschetrocknern zeitlich verschieben.



Quelle: UBA/SIJ/IZES/Öko-Institut/iSUSI: CO₂-Emissionsminderung durch Ausbau, informationstechnische Vernetzung und Netzoptimierung von Anlagen dezentraler, fluktuierender und erneuerbarer Energienutzung in Deutschland. November 2011

www.energie-studien.de



Theoretisch liegt das Lastverschiebepotenzial von Haushalten nach Einschätzung des VDE im Bereich von 15 bis 17 Gigawatt. Praktisch wird das Erschließen dieser Potenziale allerdings schwieriger und vor allem kostspieliger als im Industrie- und Gewerbebereich. Denn um vergleichbare Lastverschiebeeffekte zu erzielen, müssen ziemlich viele Haushalte beziehungsweise deren Geräte angesteuert werden. Zwar ist es schon heute durch die elektronische Startzeitvorwahl möglich, dass Haushaltsgeräte ein paar Stunden später anspringen. Aber noch weiß der Verbraucher in der Regel nicht, wann das Stromangebot gerade günstig ist und wann nicht. Zudem gibt es für die Endverbraucher mangels lastvariabler Tarife noch keinen Anreiz, sich danach zu richten. In Zukunft soll sich dies ändern. Sind intelligente Stromzähler (Smart Meter), lastvariable Tarife und eine entsprechende Steuerungstechnik vorhanden, kann automatisch die günstigste Betriebszeit für bestimmte Haushaltsgeräte gewählt werden.

Derzeit laufen verschiedene Feldversuche, die die Möglichkeit eines elektronisch gesteuerten Strommanagements für Privathaushalte untersuchen. Im Haushalt der Zukunft wird der Verbraucher also einen Zeitpunkt festlegen, zu dem die Waschmaschine spätestens fertig sein soll. Wann genau die Waschmaschine läuft, überlässt er der automatischen Steuerung, die sich unter Berücksichtigung des Endzeitpunkts nach dem günstigsten Strompreis richten kann. Dafür müssen die Haushaltsgeräte zunächst „intelligenter“ werden: Spülmaschinen, Waschmaschinen, Tiefkühltruhen, Kühlschränke, Warmwasserbereiter und Klimageräte müssen auf die aktuelle Situation am Strommarkt reagieren können und sich entsprechend ansteuern lassen. Hierfür sind eine umfassende Modernisierung der Netzinfrastruktur, die Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechnik sowie Anreize für die Verbraucher durch entsprechende Stromtarife erforderlich. Lastvariable Tarife sind allerdings für Kleinverbraucher noch kein Standard, das Angebot beschränkt sich in der Regel auf Tag-/Nacht-Tarife. Auch die Akzeptanz von lastvariablen Tarifen bei den Verbrauchern ist noch Gegenstand der Forschung, zum Beispiel im Projekt MeRegio des Energieversorgers EnBW. Hier sind in einem Feldversuch Stromkunden mit intelligenten Stromzählern und einer Stromampel ausgestattet worden. Die Ampel zeigt an, welche von drei Tarifstufen zwischen 15 und 25 Cent pro Kilowattstunde gerade gilt. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Kunden ihr Verhalten tatsächlich anpassen. Hochgerechnet auf alle Haushalte in Deutschland würde sich eine Lastverschiebung in der Größenordnung von 50 Prozent des heutigen Regelle Energiemarkts ergeben.

Lastverschiebepotenzial von Wärmepumpen

Für das Lastmanagement im Bereich der Haushalte sind lediglich Wärmepumpen heute schon eine interessante Anwendung. Mit Hilfe von Wärmepumpen wird die Wärme aus dem Erdreich, dem Grundwasser oder der Luft zur Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser oder Kälte nutzbar gemacht. Dies geschieht meistens mit Unterstützung elektrischer Energie, seltener werden gasbetriebene Wärmepumpen genutzt. Der Stromverbrauch, der Ende 2011 rund 405.000 installierten Wärmepumpen in Deutschland ist bereits eine systemrelevante Größe. Sie haben eine elektrische Anschlussleistung von insgesamt rund 1,5 Gigawatt und verbrauchen zusammen etwa drei Milliarden Kilowattstunden Strom pro Jahr. Nach Schätzungen der Branche könnte der Wärmepumpenbestand bis zum Jahr 2030 auf 2,2 Millionen steigen, mit einer elektrischen Anschlussleistung von 5,3 Gigawatt. Sie würden rund 9,9 Milliarden Kilowattstunden Strom benötigen.

Wärmepumpen können bei einer entsprechenden Steuerung vorrangig bei hoher Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien eingesetzt werden und so umweltfreundlich Wärme bereitstellen. Da sie vor allem in der Winterzeit auf Hochtouren laufen, wenn auch der meiste Wind weht, können sie insbesondere in Verbindung mit Pufferspeichern dazu beitragen, Windspitzen auszugleichen. Im Gegenzug können sie in den laststarken Abendstunden und in Zeiten mit knapperem Stromangebot für wenige Stunden abgeschaltet werden. In gut gedämmten Gebäuden reichen die Raumwärme

und die im Heizungssystem bzw. im Warmwasserspeicher vorgehaltene Wärme eine ganze Zeit aus, ohne dass die Wärmepumpe arbeiten muss. Bereits heute wird das Flexibilitätspotenzial des Wärmepumpenbetriebs teilweise genutzt. So werden im Rahmen von günstigen Wärmepumpen-Stromtarifen Abschaltzeiten vereinbart. Diese sind bislang allerdings meistens statisch an die typischen Lastspitzen-Zeiten geknüpft, das heißt, die Wärmepumpen werden zum Beispiel von 11 bis 13 Uhr und 17 bis 19 Uhr vom Netz getrennt. Um eine optimale Wirkung im Hinblick auf die Netzintegration der Erneuerbaren Energien zu erzielen, müssen sich die Abschaltzeiten in Zukunft flexibler am Stromangebot orientieren.

Eine detaillierte Untersuchung der Potenziale einer Lastverschiebung bei Wärmepumpen haben die Institute Ecofys und Prognos im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Jahr 2011 durchgeführt. Das Ergebnis: Der stromgeführte Betrieb von Wärmepumpen kann erheblich zur Lastverlagerung im Strommarkt beitragen, den Kraftwerkseinsatz optimieren und die Abregelung von Erneuerbare-Energien-Anlagen minimieren. Dies führt zu Kosteneinsparungen im Energiesystem und zu CO₂-Einsparungen in der Stromversorgung.

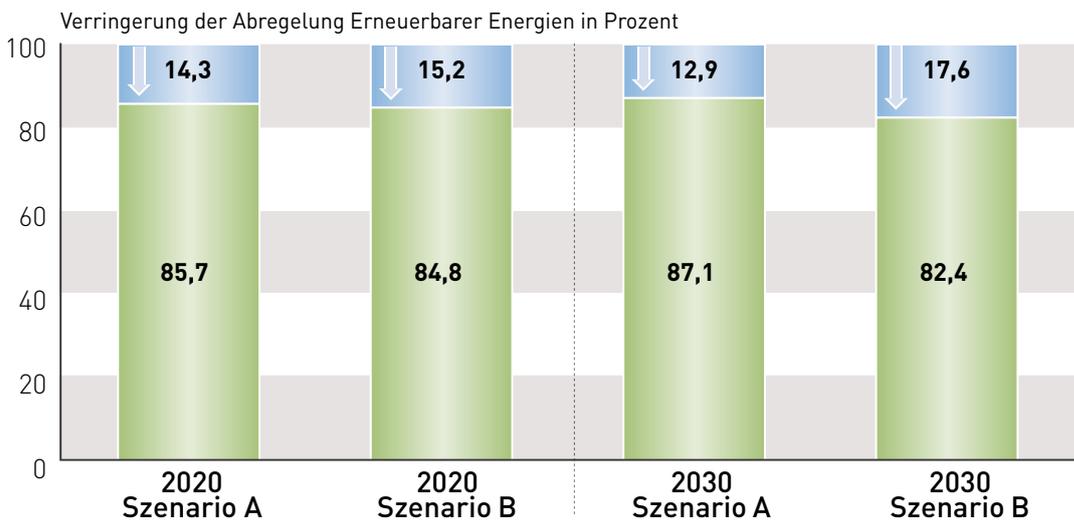
Forschungsradar Infografik

Potenziale der Wärmepumpe zum Lastmanagement

Reduktion der Abregelung Erneuerbarer Energien durch den flexiblen Betrieb von Wärmepumpen

Im Vergleich zum Business as usual-Szenario (BAU) sinkt die abgeregelt Strommenge aus Erneuerbaren Energien um bis zu 17,6 Prozent. Im Szenario B werden somit im Jahr 2030 351 Millionen Kilowattstunden weniger abgeregelt als im BAU, wo die Abregelung etwa zwei Terawattstunden beträgt.

- Verringerung der Abregelung durch Lastmanagement von Wärmepumpen in Prozent
- Abregelung Erneuerbarer Energien nach Lastausgleich durch Wärmepumpen



Quelle: Ecofys / Prognos: Potenziale der Wärmepumpe zum Lastmanagement im Strommarkt und zur Netzintegration erneuerbarer Energien. Oktober 2011

www.energie-studien.de



Das nutzbare Lastmanagementpotenzial von Wärmepumpen lässt sich in den untersuchten Szenarien etwa mit der Größenordnung eines großen Pumpspeicherwerks mit 1,4 Gigawatt Leistung vergleichen und einem Speichervolumen, wie es nur in Norwegen vorkommt. Für eine optimale Erschließung der Flexibilitätspotenziale müssen allerdings noch einige technische und regulatorische Voraussetzungen geschaffen werden. Zu den technischen Voraussetzungen gehört zum Beispiel eine zwischen die Anlage und den Netzanschluss geschaltete Steuereinheit, die Tarifinformationen vom Energieversorger verarbeitet und auf Basis der Daten entscheidet, wann die Wärmepumpe laufen und wann sie abgeschaltet bleiben soll. Für den Betreiber der Wärmepumpe ist eine Lastverschiebung attraktiv, wenn sich damit im Rahmen entsprechender lastvariabler Tarife die Betriebskosten senken lassen. Solche Tarife und viertelstundengenauen Abrechnungen müssen entsprechend eingeführt werden.

Perspektiven der Elektromobilität

Zukünftig können auch Elektroautos zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage im Strommarkt beitragen. Im Jahr 2011 bewegten sich zwar erst 2.300 Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen, nach dem Willen der Regierung soll es 2020 jedoch bereits eine Million geben; zehn Jahre später sollen es fünf Millionen sein. Die Bundesregierung setzt auf diesen Fahrzeugtyp, weil Elektroautos effizienter als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren sind und einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten können, wenn sie mit Strom aus erneuerbaren Quellen betrieben werden.

Die Fahrzeugbatterien von Elektroautos sind mobile Energiespeicher. Die Nationale Plattform Elektromobilität geht von einer mittleren Batteriekapazität von 15 Kilowattstunden aus. Da nur weniger als zehn Prozent der gesamten deutschen Fahrzeugflotte gleichzeitig unterwegs ist, könnten die parkenden Fahrzeuge als großer Pufferspeicher dienen. Angenommen, dass von der im Jahr 2020 angestrebten eine Million Elektrofahrzeugen die Hälfte gleichzeitig am Netz angeschlossen ist und ein Drittel ihrer Batteriekapazität als Speicher genutzt werden kann, ergibt sich ein Speichervolumen von 2,5 Gigawattstunden (GWh). Die nutzbare Reserveleistung würde 1,5 Gigawatt (GW) betragen. Mit zunehmender Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge würden diese Werte entsprechend steigen. Zum Vergleich: Die Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland haben insgesamt eine installierte Leistung von sieben GW und ein Speichervolumen von 40 GWh. Die Elektromobilität könnte also einen erheblichen Beitrag zum Ausgleich fluktuierender Erneuerbarer Energien leisten und das Netz stabilisieren.

Den Ladevorgang der Elektroautos zu steuern, wird schon aus Gründen der Netzstabilität notwendig sein. Denn wenn ein großer Teil der Berufspendler am frühen Abend das Auto zu Hause abstellt und es gleichzeitig an die Steckdose anschließt, würde schlagartig eine sehr hohe Leistung abgerufen. Zu einer Zeit, zu der der Verbrauch ohnehin sehr hoch ist, könnte dies die Stabilität der Stromversorgung gefährden. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Netzbetreiber oder Stromlieferanten Zugriff auf den Ladevorgang von Elektroautos haben. Der Nutzer wird also lediglich Vorgaben machen, zu welchem Zeitpunkt die Batterie vollständig bzw. zu einem gewissen Anteil geladen sein soll. Bis dahin kann dann automatisch der im Hinblick auf das verfügbare Stromangebot günstigste Ladezeitpunkt gewählt werden.

Langfristig ist technisch ein bidirektionaler Stromfluss anzustreben, so dass Elektroautos nicht nur Strom abnehmen, sondern auch einen Teil wieder einspeisen können. Dies vorausgesetzt, könnten die Autos bei hohen Strompreisen einen Teil ihres Batteriestroms in das Netz zurückgeben und kurzfristig Regelenergie zur Verfügung stellen. Bei der oben genannten Größenordnung von 1,5 GW entspräche das der Leistung von zwei großen konventionellen Kraftwerksblöcken. Wenn das Stromangebot und der Preis wieder günstig sind, können die Autos erneut laden. Ein typischer deutscher Dreipersonenhaushalt verbraucht pro Tag rund zehn Kilowattstunden Strom. Dementsprechend könnte ein E-Mobil rechnerisch etwa anderthalb Tage lang die Stromversorgung eines solchen Haushalts überbrücken. Bis es soweit ist, müssen allerdings noch einige Herausforderungen gemeistert werden. Dazu gehören zum Beispiel die Senkung der bislang hohen Kosten der Batterietechnik, die Erhöhung der Lebensdauer der Akkumulatoren auch bei einer hohen Zahl von Lade- und Entladungsvorgängen sowie die Schaffung einer entsprechenden Ladeinfrastruktur.

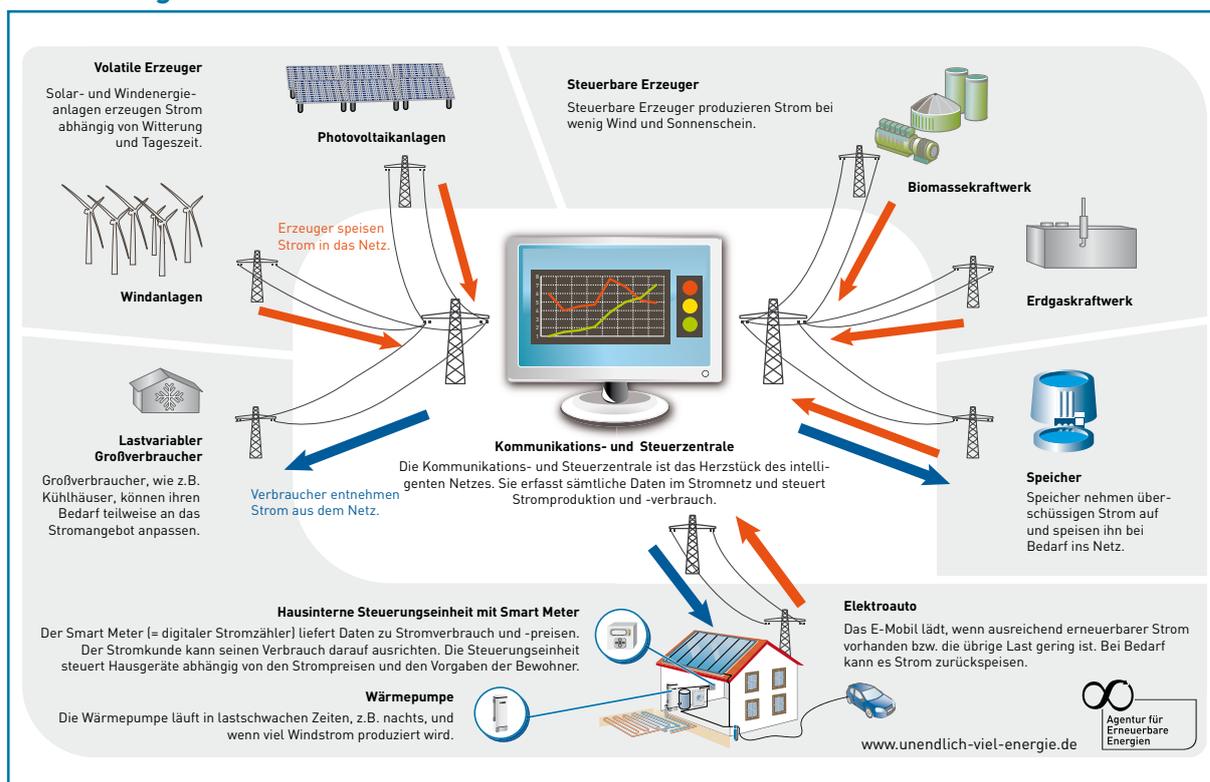
Smart Grid – moderne Informations- und Kommunikationstechnik im Stromnetz

Wie in den vorherigen Kapiteln dargestellt, steigt durch den wachsenden Anteil der Erneuerbaren Energien der Bedarf, die Stromerzeugung und den Verbrauch zu flexibilisieren und an die schwankende Erzeugung von Wind- und Sonnenstrom anzupassen.

Auch durch die zunehmend dezentrale Einspeisung steigt der Koordinationsbedarf zwischen einer steigenden Anzahl verschiedener Akteure. Diese Steuerung muss über die Stromnetze erfolgen, denn sie verbinden die verschiedenen Elemente des Stromsystems. Das ist eine hohe Herausforderung, denn das Stromnetz war nie darauf ausgelegt. Mit Ausnahme des Höchstspannungsnetzes sind die Stromnetze heute überwiegend noch eine „Black Box“. Selbst die Netzbetreiber verfügen meist weder über genaue Werte zur momentanen Stromnachfrage, noch zur Einspeisung kleinerer Kraftwerke, insbesondere der Erneuerbaren Energien.

In Zukunft muss das Stromnetz „intelligenter“ werden und die Kommunikation und Interaktion zwischen den verschiedenen Akteuren im Versorgungssystem ermöglichen. Dies erfordert die Vernetzung aller Bestandteile des Energieversorgungssystems (Netze, Erzeugungsanlagen, Speicher und Verbraucher) mittels moderner Informations- und Kommunikationstechnik und wird mit dem Begriff „intelligentes Stromnetz“ oder „Smart Grid“ umschrieben. Erzeuger, Netzbetreiber, Lieferanten und Verbraucher erhalten so mehr Informationen über die aktuelle Versorgungssituation und entsprechende Einflussmöglichkeiten. Angebotsabhängige Preissignale liefern dann auch den Verbrauchern den Anreiz, ein verantwortlicher Akteur im Versorgungssystem zu werden. Ziel ist es, Stromangebot und -nachfrage optimal aufeinander abzustimmen und den Kraftwerkspark dadurch effizient auszulasten.

Das intelligente Stromnetz



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Smart Meter

In den meisten Haushalten kommen bis heute einfache Drehstromzähler zum Einsatz. Der Verbrauch wird lediglich einmal im Jahr erfasst und abgerechnet. Laut EU-Vorgabe müssen bis 2022 jedoch alle 200 Millionen Haushalte in der Europäischen Union über einen sogenannten „intelligenten“ Stromzähler (= Smart Meter) verfügen. In Deutschland ist der Einsatz von Smart Metern seit 2010 in Neubauten und bei Sanierungen Pflicht. Zudem gibt die Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes aus dem Jahr 2011 vor, dass alle Verbraucher mit einem jährlichen Bedarf von mehr als 6.000 Kilowattstunden über Smart Meter verfügen müssen. Im Vordergrund steht dabei vor allem das Heben von Stromeinsparpotenzialen. Die heute eingebauten Smart Meter sind nämlich in der Regel lediglich digitale Stromzähler, die den aktuellen Stromverbrauch erfassen und Hochrechnungen auf den Monat beziehungsweise das Jahr visualisieren. Die Geräte helfen, dass Endverbraucher sich mit ihrer Stromrechnung beschäftigen und daraufhin bewusster mit den Ressourcen umgehen. Mit einer intelligenten Steuerung des Stromverbrauchs im Sinne einer optimalen Ausnutzung der Erneuerbaren Energien haben die Standard-Smart-Meter dagegen noch nichts zu tun.

Dies muss sich in Zukunft ändern. Wirklich „intelligente“ Stromzähler messen und informieren nicht nur über den aktuellen Stromverbrauch, sondern versorgen die Verbraucher auch mit Informationen zum aktuellen Stromangebot und -preis. Idealerweise ist der Smart Meter mit einem Steuerungsgerät verknüpft, das entsprechend der aktuellen Situation auf dem Strommarkt und der Vorgaben durch die Bewohner automatisch Haushaltsgeräte ansteuert. Dem Energieversorger und dem Netzbetreiber liefert der Smart Meter jederzeit genaue Informationen zum Stromverbrauch seiner Kunden und wichtige Informationen wie Spannung, Frequenz und Phasenlage. Damit können Erzeugung, Netzbelastung und Verbrauch weitgehend automatisiert aufeinander abgestimmt und der Einsatz von Kraftwerken und Speichern wesentlich besser geplant werden. Die Vermeidung von Lastspitzen erhöht die Versorgungssicherheit und ermöglicht eine effizientere Auslastung des Kraftwerksparks.

Lastvariable Tarife

Die Einführung lastvariabler Tarife ist eine Voraussetzung, damit die Stromverbraucher sich am Lastmanagement aktiv beteiligen und gegebenenfalls zeitliche Einschränkungen beim Verbrauch in Kauf nehmen. Die Stromtarife sollen klare Preissignale setzen: Ist viel Strom vorhanden, fällt der Preis, bei wenig Strom steigt er. Dadurch werden finanzielle Anreize zur Lastverlagerung geschaffen. Ohne solche maßgeschneiderten Tarife werden sich die Verbraucher kaum auf die intelligente Laststeuerung einlassen.

Zwar müssen Energieversorger bereits heute last- oder zeitvariable Tarife anbieten. Für Privatkunden beschränkt sich das Angebot bislang jedoch in der Regel lediglich auf einen unterschiedlichen Tag-/Nachtтариф, wie es ihn für stromintensive Nachtspeicheröfen schon lange gibt. Weiterhin haben einige Stromversorger günstige Wärmepumpen-Stromtarife im Portfolio, bei denen sich der Energieversorger vorbehält, die Wärmepumpe zeitlich begrenzt abschalten zu dürfen.

Regulatorische und technische Herausforderungen für die Implementierung von Smart Grids

Wie bereits dargestellt, gibt es noch einige technische und regulatorische Herausforderungen auf dem Weg zu einer intelligenten Stromversorgung zu meistern. Grundvoraussetzung ist eine Kommunikationsinfrastruktur, die alle Akteure des Energiesystems mit den notwendigen Informationen und Einflussmöglichkeiten versorgt. Dazu kommen eine intelligente Steuerungstechnik in Gebäuden, die viertelstündliche Bilanzierung von Lastgängen für die Stromkunden, verbunden mit der Einführung „echter“ lastvariabler Tarife und einer entsprechenden Abrechnung. Dabei müssen auch Fragen des Datenschutzes gelöst werden, denn der Netzbetreiber oder Stromlieferant erfährt viel über das Nutzerverhalten seiner Kunden und kann anhand des aktuellen Stromverbrauchs zum Beispiel ablesen, ob der Kunde zu Hause oder in Urlaub ist. Prinzipiell besteht wie bei allen anderen Kommunikations- und Datennetzen auch die Gefahr von Hackerangriffen, der wirksam begegnet werden muss.

Für die optimale Steuerung virtueller Kraftwerke, Speicher und Verbraucher müssen zudem noch einheitliche technische Schnittstellen, Protokolle und andere technische Standards definiert werden. Nicht zuletzt sind die Kosten zu nennen, die mit der flächendeckenden Einführung von Smart Metern und der Einrichtung der entsprechenden Informations- und Kommunikationstechnik verbunden sind. Um den Aufwand hier in einem vernünftigen Verhältnis zum Nutzen zu halten, beschränkt sich der Rollout von Smart Metern deshalb bislang auf Verbraucher mit mindestens 6.000 Kilowattstunden Stromverbrauch im Jahr, so dass der größte Teil der Privathaushalte auf absehbare Zeit nicht in die intelligente Steuerung des Versorgungssystems einbezogen wird. Studien haben ergeben, dass es hier sinnvoller ist, die Energieeffizienz zu steigern und damit den Energieverbrauch zu senken statt Lasten zu verschieben und dadurch Wirkungsgrad- und Effizienzverluste hinzunehmen, z.B. bei der Wärmeversorgung.

Pilotprojekte

Um die Entwicklung von Smart Grids voranzubringen, laufen heute innerhalb des gemeinsamen Programms „E-Energy - IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft“ von Bundeswirtschaftsministerium und Bundesumweltministerium Pilotprojekte, die verschiedene Strategien für das Smart Grid testen. In sechs Modellregionen Deutschlands untersuchen Energieversorger, Verbraucher und andere Technologiepartner, wie das Lastmanagement organisiert werden kann, um Schwankungen der erneuerbaren Erzeugung auszugleichen. Sie entwickeln Ideen und Technologien für standardisierte Netzanschlüsse verschiedener Verbraucher wie Elektroautos oder Wärmepumpen, um die einheitliche Steuerung von Anlagen verschiedener Hersteller zu ermöglichen. Bei der Entwicklung von technischen Lösungen und neuen Geschäftsmodellen geht es auch um Antworten auf wichtige Querschnittsfragen zu Datenschutz und Datensicherheit, den rechtlichen Rahmenbedingungen und zur Standardisierung. Im Februar 2012 ist eine Broschüre zu den Zwischenergebnissen der Begleitforschung erschienen. Mehr Informationen unter www.e-energy.de.

Ausblick

Der Weg ins regenerative Zeitalter macht den Bau neuer sowie die technische Modernisierung bestehender Stromnetze notwendig. Neben neuen Stromleitungen geht es vor allem darum, die steigende Anzahl an Akteuren so miteinander zu verbinden, dass eine Kommunikation über Erzeugung und Verbrauch sowie eine entsprechende Steuerung möglich ist. Dieses Vorhaben steht noch am Anfang. Aufgrund der Altersstruktur der Stromnetze ergibt sich heute eine besonders gute Gelegenheit, ein flexibles und effizientes Energiesystem zu schaffen. Grundelement dafür ist ein Informationsfluss zwischen den unterschiedlichen Akteuren: Erzeugern, Netzbetreibern und Verbrauchern. Dafür muss vor allem das Verteilnetz intelligent werden, das den Strom über regionale Ortsnetzstationen in die Haushalte bringt.

Viele notwendige Neuerungen stecken noch in den Kinderschuhen: Intelligente Haushaltsgeräte und Elektrofahrzeuge sind noch selten bei den Endverbrauchern im Einsatz. Viele Fragen – zum Beispiel zum Datenschutz – sind auf dem Weg zum Smart Grid noch zu klären. Doch nicht alle Bestandteile müssen neu entwickelt werden. Leistungsfähige Technologien zur Erzeugung regenerativer Energie sind dank der Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz bereits vorhanden, lastvariable Anlagen wie die Wärmepumpen sind auf dem Markt etabliert und haben zusammen mit anderen flexiblen Verbrauchern wie Kühltürmen oder flexiblen Erzeugern wie Blockheizkraftwerken ein hohes Potenzial, Schwankungen der Erneuerbaren Energien auszugleichen.

Quellen und weitere Informationen

Anbieter von Wärmepumpenstrom im Preisvergleich. Online unter:
www.heizungsfinder.de/waermepumpe/service/preisvergleich-waermepumpenstrom
(Abrufdatum: 1. Dezember 2011)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energien 2011. Daten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2011 auf der Grundlage der Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Vorläufige Angaben, Stand 08. März 2012

Bundesregierung: Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. August 2009.

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.: Positionspapier Smart Grid: Der Beitrag der Wärmepumpe zum Lastmanagement in intelligenten Stromnetzen. September 2010.

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.: BWP-Branchenstudie 2011. Szenarien und politische Handlungsempfehlungen. August 2011.

Ecofys: Abschätzung der Bedeutung des Einspeisemanagements nach EEG 2009. Auswirkungen auf die Windenergieerzeugung in den Jahren 2009 und 2010. Berlin, Oktober 2011.

Ecofys / Prognos: Potenziale der Wärmepumpe zum Lastmanagement im Strommarkt und zur Netzintegration erneuerbarer Energien. Berlin, Oktober 2011.

EnBW (Hellmuth Frey): Intelligenter Netzbetrieb – Herausforderungen und Lösungen. Vortrag im Rahmen der Fraunhofer Energietage „Lösungen für die Energiewende“ am 11. Mai 2012

Energie & Management: Warten auf den Startschuss. 15. Januar 2012.

Energie & Management: Aluhütte für Lastabwurf bereit. 1. November 2011.

E-Energy / B.A.U.M.: Smart Energy made in Germany. Zwischenergebnisse der E-Energy-Modellprojekte auf dem Weg zum Internet der Energie. Februar 2012

F.A.Z.: 60.000 Euro fürs Stromabschalten. 24. Januar 2012.

GeothermieZentrum Bochum (GZB): Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes – Bestandsaufnahme und Trends. Bochum, März 2010.

Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG) in der Fassung vom 22.12.2011.

Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Bestand an Personenkraftwagen in den Jahren 2006 bis 2011 nach Kraftstoffarten.

http://www.kba.de/cln_033/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/b__emi__z__teil__2.html (Abrufdatum: 25.1.2012)

LichtBlick AG: SchwarmStrom – Intelligente Energie für die Energiewende.
http://www.lichtblick.de/h/schwarmstrom_288.php (Abrufdatum: 24.1.2012)

Nationale Plattform Elektromobilität: Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität. Berlin, Mai 2011.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten. Berlin, Januar 2011.

Siemens: Gemeinsam stark. In: Pictures of the Future. Herbst 2009. Seite 40-43.

SIV.NEWS 1/2011: Dynamische Stromtarife – nur gesetzliche Pflicht oder Kundenwunsch?
http://www.meregio.de/pdf/SIV_News_01-2011.pdf

Trimet Aluminium AG: Geschäftsbericht 2011. Essen, September 2011.

Umweltbundesamt (Hrsg.): CO₂-Emissionsminderung durch Ausbau, informationstechnische Vernetzung und Netzoptimierung von Anlagen dezentraler, fluktuierender und erneuerbarer Energienutzung in Deutschland. Dessau-Roßlau, November 2011.

Wuppertal Institut (F. Merten, A. Nebel): Kurz-Stellungnahme zur Einführung einer Lastabwurfsprämie für große (industrielle) abschaltbare Lasten. Februar 2012.
http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/Lastabwurfspraemie_210212.pdf

taz: Pausenprämie für Großverbraucher. Online unter:
<http://www.taz.de/Erneuerbare-Energien/!81807/> (Abrufdatum: 14. November 2011)

In der Reihe RENEWS Spezial sind bisher erschienen:

Titel der Ausgabe	Nr.	Datum
Strom speichern	57	Feb 12
Akzeptanz Erneuerbarer Energien in der deutschen Bevölkerung	56	März 12
Nachhaltigkeit von Bioenergie und fossilen Energieträgern im Vergleich	55	Jan 12
Biokraftstoffe Rahmenbedingungen, Klima- und Umweltbilanz, Marktentwicklungen	54	Jan 12
Zertifizierung von Bioenergie – Wie Nachhaltigkeit in der Praxis funktioniert	53	Dez 11
Kosten und Preise für Strom	52	Sept 11
Konflikte und Risiken der Energieversorgung – Erneuerbare Energien als Beitrag zu Ressourcenversorgung und Energiesicherheit	51	Feb 11
Erneuerbare im Netz – Die notwendige Anpassung der Versorgungsinfrastruktur	50	Feb 11
Klima- und Umweltschutz durch Erneuerbare Energien	49	Feb 11
Erneuerbare Energien – Ein Gewinn für den Wirtschaftsstandort Deutschland	48	Jan 11
Erneuerbare Wärme – Klimafreundlich, wirtschaftlich, technisch ausgereift	47	Jan 11
Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien	46	Dez 10
Solarparks – Chancen für die Biodiversität	45	Dez 10
Bundesländervergleich Erneuerbare Energien 2010	44	Nov 10
Holzenergie – Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen	43	Okt 10
Erneuerbare Energien – Mehr Unabhängigkeit vom Erdöl	42	Sep 10
20 Jahre Förderung von Strom aus Erneuerbaren Energien in Deutschland - eine Erfolgsgeschichte	41	Sept 10
Kosten und Potenziale von Photovoltaik und solarthermischen Kraftwerken	40	Aug 10
Biokraftstoffe	38	Aug 10
Innovationsentwicklung der Erneuerbaren Energien	37	Juli 10
Daten und Fakten Biokraftstoffe 2009	36	Juli 10
Grundlastkraftwerke und Erneuerbare Energien – ein Systemkonflikt?	35	Juni 10
Anbau von Energiepflanzen	34	Juni 10
Erneuerbare Energien und Elektromobilität	33	Juni 10
Wirtschaftsfaktor Erneuerbare Energien in Deutschland	32	Juni 10
Akzeptanz der Erneuerbaren Energien in der deutschen Bevölkerung	31	Mai 10
Erneuerbare Elektromobilität	30	April 10
Strom speichern	29	April 10
Kosten und Nutzen des Ausbaus Erneuerbarer Energien	28	März 10
10 Jahre Erneuerbare-Energien-Gesetz - 20 Jahre Stromeinspeisungsgesetz	27	März 10
Kosten und Preise für Strom – Fossile, Atomstrom und Erneuerbare Energien im Vergleich	26	Feb 10
Häuslebauer nehmen Erneuerbare-Energien- Wärmegesetz gut an Umfrage unter 500 Bauunternehmen, Planungs- und Architekturbüros	24	Jan 10
Erneuerbare Energien in der Fläche	23	Jan 10
Reststoffe für Bioenergie nutzen	22	Jan 10
Regionale Wertschöpfung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien	21	Dez 09
Biogas – Daten und Fakten 2009 –Energiebereitstellung	20	Nov 09
Wärme speichern	18	Nov 09
Zertifizierung von Bioenergieträgern	15	Nov 09
Erneuerbare Mobilität	12	April 09
Erneuerbare-Energien-Gesetz vs. Emissionshandel?	11	März 09
Stromversorgung 2020 – Wege in eine moderne Energiewirtschaft	10	Jan 09

Siehe auch: <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/service/mediathek/renewsspezial.html>

**Agentur für Erneuerbare
Energien e.V.**

Reinhardtstr. 18

10117 Berlin

Tel.: 030-200535-3

Fax: 030-200535-51

kontakt@unendlich-viel-energie.de

ISSN 2190-3581

www.unendlich-viel-energie.de

