

Geht es nach der Politik und Gesellschaft, wird unser Energiesystem in den kommenden Dekaden massiv umgebaut. Dabei werden die damit einhergehenden Herausforderungen gerne ignoriert oder unterschätzt. In den kommenden zehn Jahren wird sich zeigen, ob erneuerbare Energiequellen weitere Kostendegressionen realisieren können, insbesondere Wind offshore und Biomasse, und ob die Integration in den Strommarkt gelingt. Zu dieser erfolgreichen Einbindung sind große Anstrengungen zum Netz- und Speicherausbau unumgänglich. All dies geschieht vor dem Hintergrund der Unsicherheiten in Bezug auf die erwartete Klimaveränderung, die als Hauptmotivation herangezogen wird.

RWE Innogy ist der größte deutsche Investor in Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen. Es gibt viele gute Gründe auf erneuerbare Energieträger zu setzen, unter anderem die Importabhängigkeit, die Endlichkeit der Ressourcen und die Vermeidung von CO₂-Emissionen. Wir können es uns aber nicht leisten, auf Dauer eine neue Subventionsmaschine zu betreiben, die den einzelnen Bürger und letztlich auch die Wirtschaft belastet. Diese Belastung entsteht zum einen durch die direkte Förderung von erneuerbaren Energien im Rahmen des EEG. Zum anderen werden indirekte Kosten durch die Integration der erneuerbaren Energien in den Strommarkt anfallen, z.B. durch den notwendigen Netzausbau.

Wettbewerbsfähigkeit der Technologien

Die langfristige Tragfähigkeit von erneuerbaren Energien ist von der Entwicklung der Stromgestehungskosten abhängig. Augenblicklich müssen alle Technologien, abgesehen von Laufwasserkraftwerken an günstigen Standorten, gefördert werden. Onshore-Windenergie sollte innerhalb der nächsten zehn Jahre an einem durchschnittlichen Standort gegenüber dem Großhandelsstrompreis wettbewerbsfähig werden. Offshore-Windenergie wird dieses Ziel voraussichtlich erst nach 2025 erreichen. Schlechte Aussichten attestieren wir hingegen der Biomasse,

wenn das Umdenken auf großtechnische Anlage nicht stattfindet. Bei Photovoltaik stellt sich die Wettbewerbssituation anders dar. Die Anlagen werden meist als Dachanlagen von Privatpersonen betrieben. Dabei stellt die Investition eine betriebswirtschaftliche Einzelentscheidung des jeweiligen Haushalts dar, wobei der Vergleichsstrompreis nicht der Großhandels-, sondern der Privatkundenstrompreis ist. Dieser ist mit 25 ct pro kWh augenblicklich in etwa fünfmal so hoch, wie der Großhandelsstrompreis von 5 ct pro kWh. Diese sogenannte Netzparität bei Photovoltaik ist bereits erreicht. Allerdings werden aufgrund des regulatorischen Rahmens diverse Zusatzkosten, die durch die Photovoltaik entstehen, systematisch unterschätzt, z.B. die inkrementellen Netzzubaukosten, die nicht von den Anlagenbetreibern (Privatpersonen) getragen werden müssen. Diese Einschätzung zur zukünftigen Entwicklung der Technologien ist unabdingbar, um ihre Rolle in unserem Energiesystem beurteilen zu können.

Windenergie onshore

Die Onshore-Windenergie ist mittlerweile an guten Standorten wettbewerbsfähig. Zum einen sind die Rotordurchmesser im Durchschnitt stark angewachsen¹, von weniger als 20 Meter zu Beginn der 1980er Jahre auf mehr als 100 m heute. Mit der Vergrößerung der Rotordurchmesser wuchsen auch die Nabenhöhen, so dass die Windenergie aus höheren Schichten gewonnen werden kann. Zum anderen wurde durch originären technischen Fortschritt, z.B. durch Einführung



Fritz Vahrenholt*

* Prof. Dr. Fritz Vahrenholt ist Vorsitzender der Geschäftsführung der RWE Innogy GmbH, Essen.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

¹ Die Energieerzeugung steigt mit dem Quadrat des Radius der Rotorblätter.

der Drehzahlvariabilität und Pitchfähigkeit, ein Mehrertrag von 25 bis 35% bei sonst gleichen Bedingungen realisiert. Dadurch ist es möglich, auch an guten Binnenstandorten Strom aus Windenergie wirtschaftlich zu erzeugen.² Dies bedeutet allerdings auch, dass Anlagen heute 180 bis 200 Meter hoch sind, was zunehmend zu Akzeptanzproblemen in der Bevölkerung führt. Zudem sinkt die Flächenverfügbarkeit, da mit der Größe der Windenergieanlage auch der gesetzlich vorgegebene Mindestabstand zu umliegenden Wohnsiedlungen, Gebäuden und Anlagen zunimmt. RWE Innogy hat vor kurzem einen Windpark mit vier Anlagen der Drei-MW-Klasse im Rheinischen Revier gebaut, der eine Fläche von etwa 100 Fußballfeldern benötigt. Neben der Erschließung neuer Standorte spielt deshalb das sogenannte »repowering«, d.h. die Windenergieertragssteigerung pro Quadratmeter Fläche durch den Ersatz von alten durch neue Windenergieanlagen, eine große Rolle. Vor dem Hintergrund, dass bereits heute knapp 30 GW Wind-onshore-Kapazität installiert sind, ist das Ziel der Bundesregierung von 36 GW Windenergiekapazität im Jahr 2050 realistisch (vgl. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Prognos AG und Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturfor schung mbH 2011).

Windenergie offshore

Bei den Offshore-Anlagen stecken wir noch in der Pionierphase. Wir erwarten nach der Fertigstellung der augenblicklich im Bau befindlichen Offshore-Windparks eine Reifephase der Industrie. Damit einher geht eine signifikante Reduktion der Stromgestehungskosten von derzeit 15 ct pro kWh_{el} auf 10 ct pro kWh_{el} im Jahr 2020. Diese Kostenreduktion wird maßgeblich durch Produktivitätssteigerungen in den drei Hauptkomponenten eines Offshore-Windparks realisiert. Erstens, die steigende Nachfrage nach Windenergieanlagen führt zu mehr Wettbewerb unter den Anlagenherstellern und damit zu niedrigeren Preisen und höheren Anreizen für Forschung und Entwicklung. Zudem werden die Turbinen größer und leistungsstärker. Zweitens, durch die Standardisierung der Konstruktionen und Normen von Fundamenten sowie der Serienfertigung werden die Fundamentkosten abnehmen. Drittens, durch zukünftige Synergien bei der Wartung und Instandhaltung von Offshore-Windparks werden Kostensenkungen eintreten. Technologiseitig ist somit noch einiges zu leisten.

Dies gilt ebenso für regulatorische Maßnahmen. Unsere Herangehensweise an den Naturschutz könnte dabei mehr Pragmatismus vertragen. Beispielsweise haben wir sehr strenge Lärmschutzvorgaben für die Errichtung der sogenannten Monopiles (Fundamenttyp bei dem ein Stahlrohr in den Meeresboden gerammt wird). Konkret dürfen wir einen

Dezibel Wert von 160 nicht überschreiten, um den Lebensraum der Schweinswale, der in Europa unter Artenschutz steht, nicht zu stark zu beeinträchtigen. Diese starren Vorgaben führen zu aufwändigen und teuren Verfahren bei der Gründung von Offshore-Anlagen mittels Monopiles. In Großbritannien geht man mit diesem Sachverhalt pragmatischer um. Der Lärmpegel wird von einem niedrigen Niveau kontinuierlich innerhalb von ein bis zwei Stunden auf 160 Dezibel gesteigert. Dadurch ziehen sich die Schweinswale temporär in andere Gewässer zurück.

Wasserkraft

Die Wasserkraft ist eine sehr wettbewerbsfähige Form der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, bietet allerdings in Deutschland kaum noch Ausbaupotenzial. Dafür gibt es vor allen Dingen Naturschutzgründe. Große Potenziale für mittelgroße bis große Lauf- und Speicherwasserprojekte liegen jedoch in Südosteuropa und der Türkei.

Biomasse

Die Kostendegressionspotenziale bei der Biomasse sind leider äußerst gering. Die Technologie ist bekannt und konventionellen Kraftwerken sehr ähnlich, aber die weitaus höheren Brennstoffkosten gegenüber einem Braun- oder Steinkohlekraftwerk – trotz CO₂-Preis – benachteiligen diese Energiequelle. Der Wettbewerbsnachteil wird dadurch verstärkt, dass die Förderung auf Kleinkraftwerke beschränkt ist, obwohl die spezifischen Investitionskosten, d.h. die Investitionskosten pro MW, mit der Größe erheblich abnehmen. Mit dieser Förderpolitik könnte die einzige kommerzielle Grundlasttechnologie der erneuerbaren Energie marginalisiert werden. In den aktuellen Diskussionen spielt Biomasse kaum eine Rolle, der Zubau von Biomassekraftwerken liegt weit hinter den Erwartungen zurück. Deshalb müssen wir in Deutschland zu einem Paradigmenwechsel kommen. Das Motto »small is beautiful« muss auf den Prüfstand.

Derzeit liegen die Stromgestehungskosten für Biomasseanlagen bei mehr als 12 ct pro kWh, und wir rechnen auch bis 2030 mit geringen Kostensenkungspotenzialen. Daher sollte die Politik darüber nachdenken, große Biomassekraftwerke mit einer Kapazität von mehr als 150 MW und Mitverfeuerung von Biomasse in existierenden Kohlekraftwerken zu fördern. Damit würde man mit geringem Aufwand und innerhalb kurzer Zeit große Mengen von CO₂ vermeiden. Die Stromgestehungskosten (kleiner 9 ct pro kWh) dieser Option und folglich auch die CO₂-Vermeidungskosten sind sehr viel niedriger.

In Großbritannien und den Niederlanden wird diese Form der Stromerzeugung aus Biomasse bereits praktiziert. In

² Als Faustwert gilt etwa 1% Ertragssteigerung pro Meter Nabenerhöhung.

Deutschland scheitert eine Umsetzung vor allen Dingen am Widerstand der Politik. Dabei wird häufig das Argument bemüht, dass man die Kohle nicht »grün anstreichen« möchte. Man muss sich allerdings darüber im Klaren sein, dass Biomasse aus dem Ausland importiert werden muss, um die entsprechenden Volumina für Großkraftwerke bereitstellen zu können. Das setzt eine Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette von der Biomasseproduktion über den Handel bis zur Stromerzeugung voraus.

Photovoltaik

Mit einer Sonneneinstrahlung, die derjenigen von Alaska entspricht, ist Deutschland wenig prädestiniert für Solarenergie. Mit durchschnittlich 850 Volllaststunden, bei 8 760 Jahresstunden, muss der Strom für rund 90% des Jahres aus anderen Quellen kommen. Es gibt in Europa aber durchaus Länder, in denen die Volllaststunden an guten Standorten bei mehr als 1 800 liegen. Die Stromgestehungskosten sinken ceteris paribus entsprechend.

Deshalb sollte die Nutzung erneuerbarer Energieträger als eine kooperative, europäische Aufgabe verstanden werden. Anstatt Strom aus Photovoltaikanlagen in Flensburg auf dem Hausdach zu produzieren, wäre eine Produktion in Spanien oder in Marokko kosteneffizienter.

Man muss der Photovoltaik allerdings zugestehen, dass sie von ihrem sehr hohen Kostenniveau aufgrund der vorteilhaften Förderung zu einem Massenprodukt geworden ist. Durch die hohe Standardisierung und großvolumige Zell- und Modulproduktion, insbesondere in Asien, sowie die Spezialisierung eines gesamten Wirtschaftszweigs auf die Installation der Photovoltaikanlagen, konnten enorme Kostensenkungen erreicht werden. Deshalb kann man davon ausgehen, dass in südeuropäischen und nordafrikanischen Ländern Photovoltaik auf absehbare Zeit gegenüber dem dortigen Großhandelsstrompreis wettbewerbsfähig wird.

Man darf allerdings nicht vergessen, dass die starken Kostendegressionen durch enorme anfängliche Subventionen überhaupt möglich gemacht wurden. Damit ist die Photovoltaik eine volkswirtschaftliche Fehlallokation. Sinnvoller wäre es, diese Subventionen in die Förderung von Speichertechnologien und den dringend notwendig Netzausbau zu investieren.

Volatilität der Erzeugung als Wettbewerbsnachteil

Neben den Stromgestehungskosten der erneuerbaren Energien spielt die Integrationsfähigkeit dieser Technologien und

die dadurch entstehenden indirekten Kosten eine entscheidende Rolle.

Wind und Sonne sind volatile Energiequellen mit sehr geringen Grenzkosten. Dies in Kombination mit dem Einspeisevorrang von Strom aus erneuerbaren Energien führt bei starkem Wind und schönem Wetter zu einer Verschiebung der Angebotskurve nach außen. Fällt diese Situation mit Schwachlast im System, z.B. an Sonntagen oder nachts, zusammen, sind konventionelle Kraftwerke teilweise bereit, für die Abnahme ihrer Stromproduktion zu bezahlen. Diese Situation ist ein Auswuchs des unkontrollierten, massiven Ausbaus der erneuerbaren Energien, die sich bei Einhaltung der Ausbauziele der Bundesregierung für Erneuerbare bis 2020 weiter zuspitzen wird (vgl. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Prognos AG und Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH 2011).

Eine Notwendigkeit zur erfolgreichen Integration der Erneuerbaren ist daher die Vorhaltung von Reservekapazitäten. Um die hohe Versorgungssicherheit im deutschen Stromnetz aufrechtzuerhalten, sind flexible Kraftwerke, z.B. offene Gasturbinen, notwendig. Auch Blindleistung, das »Schmieröl« des Stromnetzes, kann nur im begrenzten Umfang von Erneuerbaren zur Verfügung gestellt werden.

Weitere Maßnahmen, die durch die Einbindung der erneuerbaren Energien notwendig werden, sind der Netz- und Speicherausbau. Der zügige Netzausbau wird durch zeit- und kostenintensive Genehmigungsverfahren erschwert. Diese dauern, nicht zuletzt aufgrund mangelnder öffentlicher Akzeptanz, im Schnitt zwischen acht und zehn Jahren. Unter diesen Bedingungen kann die Notwendigkeit zur bedarfsgerechten Verteilung des Offshore-Windenergiestroms und des Onshore-Windenergiestroms aus den nördlichen Bundesländern nur schwer erreicht werden.

Ein weiterer Schlüssel zum Gelingen der Energiewende ist die Speicherung. Bei Stromgestehungskosten von unter 10 ct pro kWh sind Pumpspeicherkraftwerke augenblicklich die Speicher der Wahl. Man darf auch nicht vergessen, dass neben Tagesspeichern auch saisonale und sogar jährliche Speicher notwendig sein werden, um die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Haupttreiber Klimawandel – die Unsicherheiten nehmen zu

Neben dem Klimaschutz gibt es weitaus wichtigere Gründe, warum es sinnvoll ist, erneuerbare Energien auszubauen, wie z.B. die Importabhängigkeit von fossilen Rohstoffen. Deshalb müssen wir zu einer sachlichen und kontroversen Diskussion über die Auswirkungen und Folgen der Klimaveränderung zurückkehren. Es ist richtig, dass die Konzen-

tration an CO₂ in der Atmosphäre seit der Industrialisierung angestiegen ist. In der gleichen Zeit hat aber auch die Sonnenaktivität zugenommen. Viele Wissenschaftler führen den Temperaturanstieg auf das CO₂ zurück, aber dies passt nicht zu der Tatsache, dass die globale Temperatur seit 1998 nicht mehr gestiegen ist. Wir stellen aber fest, dass in dieser Zeit die Sonnenaktivität abgenommen hat und kosmische Strahlen bis in die tiefen Wolken eindringen und die Wolkendichte erhöhen, wodurch es kälter wird. Wir befinden uns in einem der schwächsten Sonnenzyklen seit 100 Jahren, und viele Solarforscher sagen eine sich weiter abschwächende Sonne voraus.

Es ist schon bemerkenswert, dass es dem Weltklimarat (IPPC) gelungen ist, die seit tausenden von Jahren stattfindenden Temperaturschwankungen, die gut mit der Sonnenaktivität korrelieren, in den Klimaprognosemodellen auf eine vernachlässigbare Größe zu reduzieren. Wir wissen aber, dass, als Grönland vor 1 000 Jahren von den Wikingern besiedelt wurde, die Erdtemperatur etwa genauso hoch war wie heute. 500 Jahre später hat die kleine Eiszeit zu einer Absenkung der Erdtemperatur um etwa 1°C gegenüber dem langjährigen Mittel geführt. Wir können diesen etwa 1 000-jährigen Zyklus rund 7 000 Jahre verlässlich zurückverfolgen. Dieses Auf und Ab in der Menschheitsgeschichte wurde nicht durch das CO₂, sondern durch die Sonne bewirkt.

Dazu kommt ein weiterer Einfluss, der wenig bedacht wird. Neben der Nordatlantischen Oszillation gibt es die sogenannte Pazifische Dekaden-Oszillation, die in einem 60-jährigen Zyklus zwischen Kalt- und Warmphase hin und her schwingt. In den Berichten des IPPC sind diese Fluktuationen nicht enthalten. Dort spielt nur der Einfluss von CO₂ bzw. CO₂-Äquivalenten auf die Temperaturentwicklung eine Rolle.

Berücksichtigt man diese natürlichen Fluktuationen, kommt man zu einer ganz anderen Trendlinie, die entscheidend von der IPPC-Prognose abweicht, aus der die oft zitierte Temperaturerhöhung von 4°C stammt. Diese Prognose ist unserer Einschätzung nach eine Überzeichnung und schürt unbegründet Angst, was für die Entwicklung eines nachhaltigen Konzepts für die Energiewende eher hinderlich ist (vgl. Vahrenholt und Lüning 2012).

Meine These lautet: Wir können uns für den Umbau unseres Energiesystems, der erhebliche negative Folgen für die Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit unserer Stromerzeugung hat, etwas mehr Zeit lassen als geplant. Die sich abkühlende Sonne gibt uns die Zeit, mit Vernunft und Augenmaß den Umbau der Energieversorgung in Deutschland vorzunehmen.

Literatur

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Prognos AG und Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (2011), *Energieszenarien 2011*, online verfügbar unter: http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Studien/Politik_und_Gesellschaft/2011/EWI_2011-08-12_Energieszenarien-2011.pdf.

Vahrenholt, F. und S. Lüning (2012), *Die kalte Sonne – warum die Klimakatastrophe nicht stattfindet*, Hoffmann und Campe, Hamburg.