

Was kostet der Umstieg
auf die
regenerativen Energien?

Möglich, aber teuer

Gerd Ganteför

Nach der Katastrophe in Fukushima fordern Bürger aus allen Teilen der Gesellschaft einen raschen Umstieg auf regenerative Energien. Bereits heute sind in Süddeutschland viele Hausdächer mit Fotovoltaikanlagen bestückt, und in Norddeutschland beherrschen Windräder das Landschaftsbild. Das Abschalten von sieben Kernkraftwerken hatte bislang keine Konsequenzen, und auch dies bestätigt die These, dass ein Umstieg auf regenerative Energien rasch umsetzbar sei. Windkraft und Sonnenenergie werden als leistungsstarke Energieträger der Zukunft gehandelt, und sie erfreuen sich bereits seit Jahren einer starken Förderung. Trotzdem lag im Jahr 2009 ihr Beitrag zur Primärenergieerzeugung nur bei 1,2 Prozent (siehe Referenz 1, Seite 66). Bei den höheren Prozentzahlen in den Pressemeldungen wird die Stromerzeugung allein betrachtet, das heißt, der Energieverbrauch für Verkehr, Heizung und die Industrieproduktion wird nicht berücksichtigt. Zusätzlich werden Torf und Müll ebenfalls zu den „regenerativen Primärenergien“ gezählt, was sachlich falsch ist. Torf ist nicht regenerativ, und Müll ist keine Primärenergie, sondern das Abfallprodukt einer Industriegesellschaft, die ihre Energie zu knapp neunzig Prozent aus fossilen Energieträgern und der Kernenergie bezieht (siehe Referenz 1).

Die Befürworter des Umstiegs auf regenerative Energien betonen, dass nur ein Mix aller regenerativen Energien gemeinsam ausreichen wird. Dabei werden die drei Energieformen Wind, Sonne und

Biomasse als gleichwertig behandelt. Das ist erstaunlich, denn diese drei Energieformen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Kosten und ihres Ausbaupotenzials enorm. Ein drastisches Beispiel ist der Flächenbedarf der Biomasse. Eine einfache Rechnung (Anhang 1, Seite 65) zeigt, dass Ackerland von der Größe eines Bundeslandes benötigt wird, um die Elektrizitätserzeugung von sieben Großkraftwerken durch Strom aus Biomasse zu ersetzen (Abbildung 1). Windenergie und Fotovoltaik unterscheiden sich gravierend in den Kosten. So würde die Energie aus Fotovoltaik, wenn es die einzige Energiequelle Deutschlands wäre, mehr kosten als das Steueraufkommen des Bundes und der Länder (Anhang 2). Die meisten Länder der Erde sind viel ärmer als Deutschland und können sich die Solarenergie nicht leisten. Daher trägt diese Energieform heute weltweit nur mit verschwindenden 0,01 Prozent zur Energieerzeugung bei (siehe Referenz 2).

Die wahren Kosten

Der teilweise hohe Preis der regenerativen Energien wird von der Bevölkerung nicht wahrgenommen, da die Kosten auf den Preis des günstigen Stroms aus Kohle- und Kernkraftwerken aufgeschlagen werden. In diesem Artikel soll versucht werden, den wirklichen Preis der verschiedenen Formen der Stromerzeugung glaubwürdig und überprüfbar zu bestimmen, um am Schluss die Kosten eines Umstiegs für jeden Haushalt abzuschätzen.

Abbildung 1: Für den Ersatz von sieben 1-Gigawatt-Kraftwerksblöcken durch Strom aus Energiepflanzen werden 24 500 km² Ackerfläche benötigt (Anhang 1).



In der vorliegenden Studie werden nur die heute belegbaren Kosten betrachtet und hypothetische Kostensenkungen durch zukünftige technische Innovationen nicht berücksichtigt. Zusätzliche Kosten für Klimaschäden und Risiken wie die Tschernobyl-Katastrophe können hier nicht erfasst werden. Eine solche Schätzung ist schwierig und würde den Rahmen des Artikels sprengen. In einer weiterführenden Studie soll aber versucht werden, auch diese Kosten zu erfassen. Daneben wird auch der Flächenbedarf der verschiedenen Methoden der Stromerzeugung ermittelt, denn auch die verfügbare Fläche ist begrenzt.

Es gibt eine Vielzahl von Studien zu den Kosten der verschiedenen Arten der Energieerzeugung, und je nach Auftraggeber schneiden bestimmte Methoden besonders gut und andere besonders schlecht ab. In dieser Arbeit soll nach einer

neuen Methode (siehe Anhang 3) vorgegangen werden. Die Methode hat den Vorteil, dass sie durchschaubar und überprüfbar ist, aber sie liefert nur einen Schätzwert. Ein Vergleich mit Ergebnissen anderer, detaillierterer Studien (siehe Referenzen 3 und 4) zeigt, dass der Fehler nicht groß ist.

Neuer methodischer Ansatz

Die hier ermittelten Kosten pro Kilowattstunde heißen „Stromgestehungskosten“ und beinhalten nicht Abgaben, Steuern und Profite. Eine Obergrenze für die Energiekosten insgesamt ist das Bruttoinlandsprodukt (BIP), der Wert aller Waren und Dienstleistungen. Das BIP liegt bei 2500 Milliarden Euro, und der gesamte Endenergieverbrauch inklusive Heizung und Mobilität beträgt 2500 Milliarden Kilowattstunden (kWh). Würde also die Kilowattstunde einen Euro kosten, verschlängen die Energiekosten das gesamte BIP der Volkswirtschaft. Eine sinnvolle Obergrenze liegt bei zehn Prozent des BIPs, was einem Kilowattstundenpreis von zehn Cent entspricht, und das wäre immerhin schon das Doppelte der Ausgaben für die Bildung. Für Indien ergibt die analoge Rechnung eine Obergrenze von drei Cent/kWh. Der Preis, den in Deutschland heute ein Endverbraucher für eine Kilowattstunde an Elektrizität zahlt, liegt bei zwanzig Cent und damit anscheinend über diesem Limit. Allerdings besteht der größte Teil dieser Summe aus Steuern, Abgaben und Profiten. Diese Aufschläge stellen eine Umverteilung dar, und es sind keine echten Kosten der Volkswirtschaft. Der wirkliche Preis des heutigen Energiemix liegt bei vier bis fünf Cent. Eine ähnliche Rechnung führt auch zu einer Obergrenze für den Flächenbedarf. Die gesamte auf der Erde zur Verfügung stehende Landfläche hat eine Größe von 150 Millionen Quadratkilometern. Der jährliche Primärenergieverbrauch der Welt beträgt rund 150 000

Milliarden kWh. Nimmt man wiederum an, dass maximal zehn Prozent der Fläche für die Energieerzeugung eingesetzt werden können, ergibt sich ein Grenzwert von 100 Quadratkilometern für die Erzeugung einer Milliarde kWh pro Jahr.

Als Beispiele konventioneller Kraftwerke werden in Tabelle 1 die Eckdaten des Braunkohlekraftwerks Niederaußem, des Steinkohlekraftwerks Mannheim und des Kernkraftwerks Grundremmingen aufgelistet. Unter „Investitionskosten“ ist jeweils die Summe aufgeführt, die die Kraftwerke heute als Neubauten kosten würden. Als Laufzeit werden pauschal vierzig Jahre angenommen. Die Brennstoffkosten belaufen sich bei Kohle und Uran auf rund zwei Cent/kWh. Uran ist preiswerter, aber die Kosten für die Endlagerung schlagen zusätzlich mit rund einem Cent/kWh zu Buche. Die Preisschätzung für das Kernkraftwerk orientiert sich an den Kosten für das neue Kraftwerk in Olkiluoto in Finnland, das wegen der hohen Sicherheitsauflagen teurer ist als ältere Kernkraftwerke. Der Flächenbedarf für Kern- und Steinkohlekraftwerke liegt erheblich unter einem Quadratkilometer pro Milliarde kWh, denn Steinkohle und Uran werden unter Tage abgebaut. Braunkohle wird dagegen im Tagebau gewonnen, und es werden rund drei Quadratkilometer pro Milliarde kWh benötigt. Für alle drei konventionellen Kraftwerkstypen liegen also Kosten und Flächenbedarf weit unterhalb der oben festgelegten Grenzwerte.

Effizienz der erneuerbaren Energien

Eines der größten Fotovoltaikkraftwerke der Welt steht bei Leipzig. Dort wird Strom für 34 Cent/kWh produziert, während die Schätzung für ein ähnliches Werk in Spanien 45 Cent/kWh ergibt. Andere Studien (siehe Referenzen 3 und 4) kommen zu noch höheren Kosten für die Fotovoltaik, und insbesondere

für Kleinstanlagen auf Hausdächern in Norddeutschland werden Preise von bis zu 60 Cent/kWh genannt. Solarthermische Kraftwerke wie das Parabolrinnen-Kraftwerk „Nevada Solar One“ in den USA und das Solarturmkraftwerk „PS 10“ bei Sevilla in Spanien produzieren für den halben Preis Solarstrom. Noch preisgünstiger ist die Windkraft. Die Kostenschätzung für den Windpark „Wybelsum“ ergibt gerade mal den doppelten Preis eines konventionellen Kraftwerks. Ein großes Ausbaupotenzial wird „Offshore“-Windparks zugeschrieben. Bei der Kostenschätzung wurden die Probleme mit der Instandhaltung unter den harschen Bedingungen auf dem offenen Meer mit einer kurzen Betriebsdauer von nur vier Jahren berücksichtigt. Vergleichbare Studien (siehe Referenzen 3 und 4) errechnen Kosten von sechs bis vierzehn Cent/kWh für Windparks an Land und neun bis achtzehn Cent/kWh für Offshorewindparks, und diese Zahlen stimmen gut mit den Daten in Tabelle 1 überein. Trotz der hohen Investitionskosten von 54 Milliarden Euro ergibt die Kostenschätzung für den Drei-Schluchten-Staudamm in China nur einen Preis von fünf Cent/kWh. Allerdings ist der Flächenverbrauch hoch und kollidiert mit dem Flächenbedarf der Bevölkerung. Ein Laufwasserkraftwerk benötigt keinen Stausee und hat einen geringen Platzbedarf. Das Laufwasserkraftwerk in Rheinfelden in Deutschland kann Strom für sechs Cent/kWh produzieren. Strom aus Wasserkraft ist also ähnlich preiswert wie die Energie aus konventionellen Kraftwerken. Detaillierte Studien (siehe Referenzen 3 und 4) errechnen für die Wasserkraft je nach Standort, Größe und Alter der Anlage Preise zwischen zweieinhalb Cent/kWh und dreizehn Cent/kWh.

Das geothermische Kraftwerk „The Geysers“ in den USA liefert für nur 4,5 Cent/kWh zuverlässig so viel Elektrizität wie ein konventionelles Kraftwerk. In

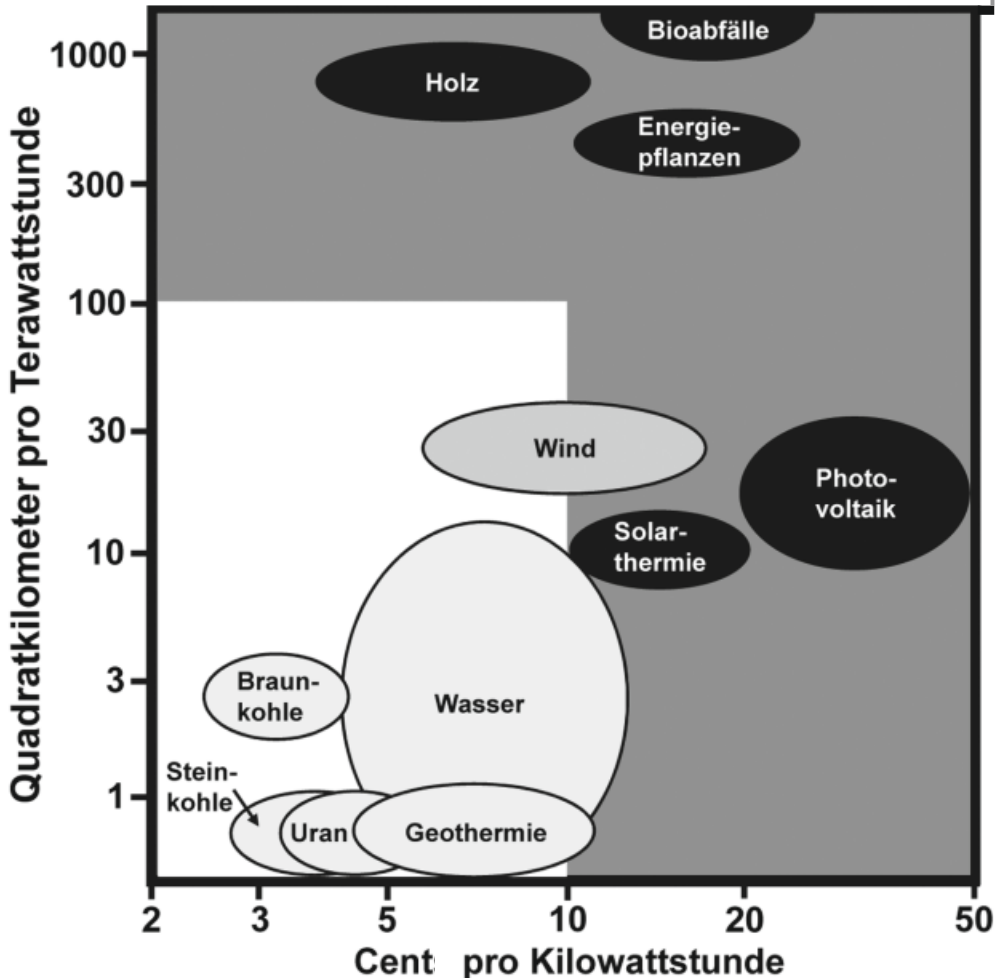
Tabelle 1: Eckdaten der hier ausgewählten konkreten Beispiele der Stromerzeugung. Die Investitionskosten beziehen sich auf das Jahr 2010. Die Laufzeiten berücksichtigen auch erhöhten Verschleiß wie etwa bei den Offshorewindkraftwerken. Der Strompreis errechnet sich nach einem festen Schlüssel aus den Investitionskosten, den Laufzeiten und gegebenenfalls den Brennstoff- und Endlagerkosten (Anhang 3). (D: Deutschland; kWh: Kilowattstunde, Mio: Million; TWh: Terawattstunde = 1 Milliarde kWh).

Kraftwerk	Leistung Megawatt	Stromerzeugung TWh/Jahr	Investitionskosten Mio Euro	Laufzeit Jahre	Strompreis Cents/kWh	Flächenbedarf km ² /TWh
Braunkohle Niederaußem, D	3600	27	4600	40	3,8	3
Steinkohle Mannheim, D	1600	7,1	1700	40	4,4	<1
Kernkraftwerk Grundremmingen, D	2700	21	7500	40	5,2	<1
Photovoltaik Waldpolenz, D	40	0,04	130	25	34	28
Photovoltaik Olmedilla, (Spanien)	60	0,09	384	25	45	12
Parabolrinne Nevada Solar One (USA)	75	0,13	157	15	16	11
Solarturm PS 10 Sevilla (Spanien)	11	0,02	35	15	23	25
Windpark (an Land) Wybelsum (D)	70	0,18	90	10	8	21
Windpark (off-shore) Horns Rev (Dänemark)	160	0,6	270	4	14	33
Staudamm Drei-Schluchten (China)	22 500	100	54 000	40	5	10
Laufwasser Rheinfelden (D)	100	0,6	400	40	6	<1
Geothermie The Geysers (USA)	700	5,8	2000	15	4,5	<1
Geothermie Landau (D)	3	0,026	21	12	12	<1
Biomasse						
Holz (D)					4 - 8	800
Pflanzenreste (D)					12 - 28	1400
Energiepflanzen (D)					14 - 22	500

Landau in Deutschland gibt es ein kleines Geothermie-Pilotprojekt, für das die Kostenschätzung lediglich zwölf Cent/kWh ergibt (Tabelle 1). Größere Anlagen könnten vielleicht preiswerter produzieren. Andere Studien (siehe Referenz 5) errechnen für geothermische Kraftwerke Kosten zwischen acht und zweiundzwanzig Cent/kWh. Allerdings gibt es keine geothermischen Großanlagen in Deutschland, und das wirkliche Potenzial dieser Technik ist unbekannt. Für alle drei Arten der Biomasse (Holz, Pflanzenabfälle, Energiepflanzen) ist der Flächenbedarf

astronomisch hoch (Tabelle 1), und das liegt an dem niedrigen Wirkungsgrad, mit dem Pflanzen die Energie des Sonnenlichts in chemische Energie umwandeln (siehe Referenz 6). Die Kosten schwanken stark je nach der Art der Bioabfälle. Ein Spezialfall ist die Treibstoffgewinnung aus Zuckerrohr in Brasilien. Dort lohnt sich diese Art der Energiegewinnung, da die Bevölkerungsdichte zehnmal geringer ist als in Deutschland und damit ausreichend Ackerland zur Verfügung steht. Daneben existieren noch viele weitere Methoden

Abbildung 2: Flächenbedarf und Kosten der hier betrachteten Methoden der Stromerzeugung. Die Daten ergeben sich aus einer Mittelung der Ergebnisse aus Tabelle 1 unter Berücksichtigung der Ungenauigkeit von +/-30 % und den Daten vergleichbarer wissenschaftlicher Studien (siehe Referenzen 3 und 6). Weiß unterlegt ist der erlaubte Bereich innerhalb der Grenzwerte (siehe Text).



der Energieerzeugung wie zum Beispiel die Meeresströmungskraftwerke, Gezeitenkraftwerke, Wellenkraftwerke, Meereswärmekraftwerke, Osmosekraftwerke, Aufwindkraftwerke und die Fusion. Für diese Methoden gibt es keine Pläne, neue leistungsstarke Kraftwerke zu bauen, und daher werden sie hier nicht weiter betrachtet.

Innerhalb der nächsten zwanzig Jahre lassen sich also große Mengen an elektri-

scher Energie nur aus den folgenden acht Quellen gewinnen: Braunkohle, Steinkohle, Uran, Wasserkraft, Sonnenenergie, Windenergie, Geothermie und Biomasse. Erdöl und Erdgas werden heute kaum zur Stromerzeugung genutzt, aber ihre Stromgestehungskosten sind vergleichbar mit denen der Kohle. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse anderer sorgfältiger Studien lassen sich nun für jede Energieform Bereiche angeben, innerhalb

Tabelle 2: Anteil regenerativer Energien an der Stromerzeugung (siehe Referenz 1).

Anteil regenerativer Energien am Primärenergieverbrauch der Elektrizität in Deutschland im Jahr 2010 (Gesamtvolumen: rund 500 Milliarden kWh).		
Wasserkraft	20 Milliarden kWh	kaum ausbaubar
Biomasse, Müll, etc.	20 Milliarden kWh	Ausbau problematisch
Wind	38 Milliarden kWh	stark ausbaufähig
Photovoltaik	12 Milliarden kWh	stark ausbaufähig
Summe	90 Milliarden kWh	

derer die Kosten und der Flächenbedarf liegen (Abbildung 2). Die Abbildung zeigt, dass die Fotovoltaik erheblich zu teuer ist und die Biomasse einen viel zu großen Flächenbedarf hat.

Ein Parabolrinnenkraftwerk in der Sahara würde ähnlich wie das Kraftwerk „Nevada Solar One“ Strom zu einem gerade noch akzeptablen Preis produzieren. Allerdings kommen noch Kosten für den Stromtransport hinzu, und ein Teil der Energie sollte kostenlos an die Gastgeberländer in Nordafrika abgegeben werden. Wird beispielsweise die Hälfte des Stroms abgegeben, verdoppelt sich der Strompreis für den deutschen Verbraucher. Damit würde die Solarthermie in der Sahara aber wieder genauso teuer wie die heimische Fotovoltaik werden. Der Vergleich in Abbildung 1 zeigt, dass die Windenergie erheblich preisgünstiger ist. Eine Alternative zu einem (vermutlich unbezahlbaren) Solarkraftwerk in der Sahara wäre beispielsweise der Ausbau der Windenergie in den unbewohnten Hochlandregionen Norwegens.

Umstieg möglich?

Es stellen sich zwei Fragen hinsichtlich eines Umstiegs Deutschlands auf regenerative Energien: Erstens, ist ein Umstieg möglich, und zweitens, was kostet er?

Ist nur die Stromproduktion betroffen, ist ein Umstieg auf regenerative Ener-

gien technisch möglich. Der Endenergieverbrauch an Elektrizität beträgt rund 500 Milliarden Kilowattstunden. Zurzeit stammen bereits neunzig Milliarden kWh aus regenerativen Quellen (Tabelle 2). Dieser Verbrauch wird trotz der Einsparbemühungen in der Zukunft nicht sinken, da viele Methoden des Energiesparens mit einer Erhöhung des Stromverbrauchs einhergehen. Beispiele dafür sind die Elektromobilität oder die Wärmepumpe. Daher wird hier der aktuelle Stromverbrauch als Richtwert genommen.

Es fehlen also 410 Milliarden kWh. Das Potenzial der Wasserkraft ist nahezu ausgeschöpft. Der Anteil der Biomasse kann und darf nicht weiter gesteigert werden, denn Nahrungsmittel werden dringend in den armen Ländern benötigt. Um also die fehlenden 410 Milliarden kWh zu erzeugen, müssen Windkraft und Fotovoltaik auf die achtfache Kapazität ausgebaut werden. Jährliche Kapazitätssteigerungen von fünf bis zehn Milliarden kWh Stromerzeugung sind bei Windkraft und Fotovoltaik technisch machbar (siehe Referenz 1). Zusammen können pro Jahr also zwanzig Milliarden kWh hinzukommen, sodass in zwanzig Jahren tatsächlich hundert Prozent des Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt werden können. Die zusätzlichen Kosten dafür lassen sich unter der Annahme, dass Fotovoltaik und Windenergie jeweils zur Hälfte beitragen,

Tabelle 3: Schätzung der Mehrkosten eines vollständigen Umstiegs in der Stromerzeugung auf regenerative Energien.

Anteil an den zusätzliche Kosten für die Erzeugung von 410 Milliarden kWh an Elektrizität			
Energieform	Preisaufschlag in cts/kWh	Beitrag in Milliarden kWh	Kosten in Milliarden Euro
Photovoltaik	26	205	53,3
Wind on-shore	4	50	2
Wind off-shore	10	155	15,5
Kraftwerkskapazität	2	410	8,2
Mehrkosten pro Jahr		79 Milliarden Euro	

abschätzen. Von den niedrigsten in der Literatur genannten Stromgestehungskosten (Fotovoltaik dreißig Cent/kWh, Wind onshore acht Cent/kWh, Wind offshore vierzehn Cent/kWh) werden jeweils vier Cent/kWh für die Stromgestehungskosten des heutigen Strommix abgezogen. Das Ausbaupotenzial für Offshorewindparks ist erheblich größer als für Windparks an Land (Annahme: 3-mal). Zusätzlich müssen Kraftwerkskapazitäten bereitgehalten werden, die einspringen, wenn Sonne und Wind ausfallen. Diese Aufgabe müssen konventionelle Kraftwerke übernehmen. Dies kostet etwa so viel wie der Strom aus einem Kohlekraftwerk ohne die Brennstoffkosten, also rund zwei Cent/kWh oder 8,2 Milliarden Euro pro Jahr. Hinzu kommen noch Kosten für den Netzausbau, um zum Beispiel die Windenergie aus Norddeutschland nach Süddeutschland zu transportieren. Die Angaben über diese Kosten sind allerdings widersprüchlich und werden hier nicht berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Schätzung der Mehrkosten eines Umstiegs zeigt Tabelle 3.

Insgesamt ergibt die Schätzung Mehrkosten in der Höhe von 79 Milliarden Euro oder 165 Euro pro Haushalt und pro

Monat. Diese Mehrkosten werden teilweise den Privathaushalten direkt in Form erhöhter Stromrechnungen entstehen. Die höheren Stromkosten für die Industrieproduktion wird letztlich auch der Bürger tragen, denn die Produkte werden entsprechend teurer. Die regenerative Energie kann steuerlich begünstigt werden und so zunächst preisgünstiger erscheinen. Aber auch hier wird letztlich der Bürger die Rechnung bezahlen, denn die Steuereinnahmen fehlen dann anderswo, und der Staat muss für Leistungen, die früher kostenlos waren, Gebühren erheben (zum Beispiel Studiengebühren). Sollte der Umstieg auf regenerative Energien den gesamten Endenergieverbrauch von 2500 Milliarden kWh betreffen, müssten nochmals 2000 Milliarden kWh, also die fünffache Energiemenge aus Tabelle 3, durch regenerative Energien erzeugt werden. Das würde nochmals Kosten von 800 Euro pro Haushalt und Monat mit sich bringen. Das ist nicht bezahlbar.

Massive Einschnitte nötig

Stattdessen wird es zu massiven Energieeinsparungen, verbunden mit erheblichen Änderungen im Leben der Bürger,

kommen. Der Individualverkehr und die Wirtschaftsproduktion müssen massiv eingeschränkt werden, wie es die neue Landesregierung von Baden-Württemberg bereits angedeutet hat. Stuttgart möchte die Industrieproduktion und speziell die Autoproduktion reduzieren, und das wird auch notwendig sein, um einen vollständigen Umstieg zu ermöglichen. Aber die Industrieproduktion wird bei so hohen Energiekosten ohnehin nicht mehr konkurrenzfähig gegenüber denjenigen Ländern sein, die weiterhin ihre Energie aus Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran beziehen.

Es ist unvorstellbar, wie der gesamte Endenergieverbrauch Deutschlands in der Höhe von 2500 Milliarden kWh aus rein regenerativer Energie heraus erzeugt werden soll und wie das die Volkswirtschaft bezahlen soll, ohne die Industriegesellschaft als Wirtschafts- und Staatsform grundsätzlich infrage zu stellen. Ein Umstieg allein bei der Stromerzeugung ist möglich, aber nicht billig. Es kommen Mehrkosten in der Größenordnung von rund 150 Euro pro Monat und pro Haushalt auf die Bürger zu. Je höher dabei der Anteil der Sonnenenergie ist, umso teurer wird es.

Anhänge

Anhang 1: Ein Kraftwerksblock der 1-Gigawatt-Klasse erzeugt pro Jahr rund acht Milliarden kWh. Der Hektarertrag an Biogas liegt in Deutschland bei 4500 m³ pro Jahr. Bei einem Energiegehalt von 10 kWh pro m³ lassen sich pro Hektar 45 000 kWh Wärmeenergie gewinnen. In einer Gasturbine können fünfzig Prozent dieser Energie in Elektrizität umgewandelt werden, also 22 500 kWh. Für den Ersatz eines Großkraftwerks werden also rund 350 000 Hektar oder 3500 km² Ackerfläche benötigt.

Anhang 2: Der Endenergieverbrauch Deutschlands beträgt 2500 Milliarden kWh im Jahr. Die Kosten für den Strom aus Fotovoltaik liegen zwischen dreißig und sechzig Cent pro Kilowattstunde. Der hohe Wert gilt für kleine Dachanlagen in Deutschland, während der niedrige Preis für große Solarparks erreicht wird. Selbst mit dem niedrigen Preis von dreißig Cent/kWh ergeben sich Energiekosten von 750 Milliarden Euro. Das Steueraufkommen im Jahr 2010 betrug 490 Milliarden Euro.

Anhang 3: Ausgangspunkt sind die Investitionskosten eines Kraftwerks, also der Kaufpreis. Davon ausgehend, lassen sich die Kosten, die pro Jahr für den Betrieb anfallen, als die Summe der Kapitalkosten (vier Prozent Zinsen auf den Kaufpreis pro Jahr), der Betriebskosten (1,5 Prozent des Kaufpreises pro Jahr), der Instandhaltungskosten (ein Prozent des Kaufpreises pro Jahr) und der Amortisation (Kaufpreis dividiert durch die erwartete Betriebsdauer in Jahren) berechnen. Hinzu kommen noch zusätzliche Kosten wie etwa für Brennstoff, die sich aus dem Marktpreis des Brennmaterials ergeben, oder für die Endlagerung von Atommüll. Der Preis pro Kilowattstunde errechnet sich aus dem Quotienten der jährlichen Kosten und der erzeugten Energiemenge. Eine pauschale Abschätzung birgt zweifellos große Fehler in sich. Die Betriebsdauer kann nur grob abgeschätzt werden. Ebenso wird die pauschale Behandlung der Betriebs- und Instandhaltungskosten wohl kaum den Unterschieden der verschiedenen Methoden gerecht. Diese Ungenauigkeiten werden in Abbildung 1 mit einem Fehler von +/-30 Prozent berücksichtigt. Innerhalb dieses Fehlerintervalls stimmen die Resultate mit den Ergebnissen anderer, aufwendigerer Studien überein (siehe Referenzen 3 und 4).

Referenzen

- 1 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Berlin, „Energiedaten“, Excel-Tabelle „energie-daten-gesamt“. Internet (Stand 29. Mai 2011): www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/Energiedaten/gesamtausgabe.html
- 2 Internet (Stand 30. Mai 2011): http://www.iea.org/stats/renewdata.asp?COUNTRY_code=29
- 3 S. Wissel, S. Rath-Nagel, M. Blesl, U. Fahl, A. Voß, Arbeitsbericht „Stromerzeugungskosten im Vergleich“, IER, Universität Stuttgart, Februar 2008. Internet (Stand 29. Mai 2011): www.ier.uni-stuttgart.de/publikationen/arbeitsberichte/Arbeitsbericht_04.pdf
- 4 J. Nitsch u. a., „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland“, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart, 2004. Internet (Stand 29. Mai 2011): www.dlr.de/tt/en/desktopdefault.aspx/tabid-2885/4422_read-6555/
- 5 H. Paschen, D. Oertel, R. Grünwald, „Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland“, Büro für Technikfolgen-Abschätzung des Deutschen Bundestags, Arbeitsbericht Nr. 84, Februar 2003. Internet (Stand 29. Mai 2011): www.tab-beim-bundestag.de/de/publikationen/berichte/ab084.html
- 6 M. Kelm, F. Taube, „Energiebilanz der Biogaserzeugung aus Gras- und Maissilage“, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Kiel, 2007, Internet (Stand 29. Mai 2011): www.umwelt-nek.de/download/aggf_2007_kelm_taub.pdf

Die **Oktoberausgabe** der **Politischen Meinung**
wird in ihrem Schwerpunkt das Thema

Perspektiven der Bildungspolitik

behandeln. Unter anderem werden sich
Jörg Dräger, Bernhard Kempen und Jörg-Dieter Gauger
mit dieser Fragestellung befassen,
sowie voraussichtlich Annette Schavan, Hermann Gröhe und Roland Wöllner.