

Atomausstieg und Energiewende: Wie sinnvoll ist der deutsche Alleingang?

Joachim Weimann

Bei der Energiewende geht es um nicht mehr und nicht weniger als um den Versuch, die Energieversorgung eines wichtigen Industrielandes weitestgehend auf den Einsatz erneuerbarer Energien umzustellen, ohne dass dabei die Versorgungssicherheit und die Wettbewerbsfähigkeit dieses Landes Schaden nehmen. Kann das gelingen? Welche Risiken sind damit verbunden und welchen Vorteil könnte Deutschland und die Welt davon haben? Die öffentliche Diskussion um diese Fragen hat gerade erst begonnen und man ist offensichtlich noch nicht so weit, ein wichtiges Thema zu diskutieren, das große politische Brisanz besitzt: Was sind die Alternativen zur Energiewende – gewissermaßen der Plan B – und schneiden diese wirklich schlechter ab als der Plan A?

Deutschland ist nicht nur das bevölkerungsreichste und wirtschaftlich potenteste Land der EU, es ist auch das Land, das in vielen politisch wichtigen Bereichen eine Sonderrolle im Konzert der europäischen Mächte spielt. Besonders deutlich wird dies momentan in der europäischen Staatsschulden/Banken/Finanzkrise, in der Deutschland als „starkes“ nordeuropäisches Land immer mehr in die Verantwortung für die Stabilisierung der europäischen Währung und der Haushalte wichtiger EU-Staaten gedrängt wird. Aber nicht nur auf diesem Feld geht Deutschland einen Weg, auf dem es kaum Unterstützung von anderen EU-Ländern erhält. Auch im Hinblick auf die Energiemärkte der Zukunft hat sich die Bundesregierung entschlossen, Reformen einzuleiten, die in Europa ihresgleichen suchen.

Was sind die Ziele der Energiewende?

Die öffentliche und die politische Diskussion um die Energiewende leiden darunter, dass nicht klar ist, welche Ziele mit dieser Wende eigentlich prioritär verfolgt werden. Vordergründig geht es darum, den Ausstoß von CO₂ zu reduzieren, Energie einzusparen und den Anteil der erneuerbaren Energien zu steigern. Aber in welcher Beziehung stehen diese verschiedenen Ziele zueinander? Ist es, isoliert betrachtet, bspw. ein erstrebenswertes Ziel, Energie einzusparen? Natürlich nicht, denn wenn wir weniger Energie einsetzen, verursacht dies zunächst einmal Kosten. Wir müssen dabei in Technologie investieren, um Energie mit einem höheren Wirkungsgrad zu nutzen oder unseren Konsum einschränken. Beides tun wir nur, wenn es sich lohnt, d. h. wenn die Vorteile aus der Energieeinsparung größer sind



Es scheint, dass es sich bei der Energiewende eher um ein Produkt politischer Opportunität handelt als um ein rationales Instrument der Klima- oder Energiepolitik

als die Kosten, die sie verursacht. Man kann es auch so ausdrücken: Ein sinnvolles Ziel ist es, Energie kosteneffizient einzusetzen, d. h. die Zwecke, die wir mit dem Einsatz von Energie verfolgen, mit den geringstmöglichen Kosten zu realisieren.

Sind wir bereits in einem kosteneffizienten Zustand, macht die weitere Einsparung von Energie keinen Sinn, denn die Kosten wären höher als der Vorteil, der daraus erwächst. Energieeinsparung „an sich“ oder „um ihrer selbst willen“ ist deshalb kein vernünftiges Ziel. Wenn das so ist, dann muss offensichtlich ein Zusammenhang zwischen den Zielen „Energieeinsparung“ und „CO₂-Reduktion“ bestehen, damit die Nutzung größtmöglicher Energieeffizienz einen Sinn ergibt.

Das aber bedeutet, dass Energieeinsparung als ein Mittel gesehen werden muss, das

eingesetzt werden kann, um das eigentliche Ziel der CO₂-Reduktion zu erreichen. Tatsächlich betrachtet die Politik Energieeinsparung aber als ein Ziel an sich – wie sich deutlich an der gerade verabschiedeten Energieeffizienzrichtlinie der EU ablesen lässt. Eine Abwägung von Kosten und Erträgen findet nicht statt. Es wird gespart – koste es, was es wolle!

Immerhin, bei der Energieeffizienzrichtlinie sind auch die anderen EU-Länder dabei. Bei der Energiewende, wie sie Deutschland vollziehen will, sind wir allein. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 % bis 95 % ohne Kernenergie und ohne CCS, allein durch den Umstieg auf erneuerbare Energien, traut sich sonst niemand zu. Warum will Deutschland diesen Weg gehen? Eine intensive Diskussion um diese Frage findet bis jetzt nicht statt, und es drängt sich mitunter

der Verdacht auf, dass es der Politik ganz gelegen kommt, dass die eigentlichen Ziele der Energiewende eher vage formuliert sind.

Zweifel an diesem Projekt lassen sich so leicht mit dem Hinweis kontern, dass die Ziele, die man mit der Energiepolitik verfolgt, jedes Opfer rechtfertigen. Würden diese einer allzu genauen Untersuchung unterzogen, besteht dagegen die Gefahr, dass sich herausstellt, die Energiewende könnte eher das Produkt politischer Opportunität sein, als das Ergebnis eines rationalen Kalküls. Vor diesem Hintergrund lohnt es sich, die Ziele, die in der politischen Diskussion kursieren, etwas genauer zu betrachten.

Unstrittig dürfte sein, dass mit der Energiewende ein klimapolitischer Beitrag geleistet werden soll. Ein wichtiges Ziel ist folglich die Reduktion von Treibhausgasemissionen. Wenn dem so ist, warum braucht man dann überhaupt noch weitere Ziele, um die Notwendigkeit der Energiewende zu belegen? Zudem stellt sich die Frage, ob die Energiewende, so wie sie betrieben wird, gute Klimapolitik ist. Wie noch gezeigt wird, sind diesbezüglich erhebliche Zweifel angebracht. Das erklärt, warum weitere Begründungen für die Energiewende notwendig sind. Klimapolitik allein reicht nicht aus.

Sehr gern wird in der Diskussion um die Energiewende darauf hingewiesen, dass mit dem Übergang zu einer dezentralen Energieversorgung auf der Grundlage erneuerbarer Energien so etwas wie energiewirtschaftliche Autarkie erreicht wird und dies dazu beiträgt, ein hohes Maß an Versorgungssicherheit herzustellen. Es mutet schon ein bisschen merkwürdig an, dass ausgerechnet das Land mit dem weltweit höchsten Außenhandelsüberschuss Autarkie als erstrebenswertes wirtschaftspolitisches Ziel ausgibt. Die Vorteile der internationalen Arbeitsteilung und des internationalen Handels sollten gerade den Deutschen geläufig sein.

Hinter dem Wunsch, bei der Energieversorgung autark zu werden, steht vermutlich die diffuse Vorstellung, dass es jemanden geben könnte, der uns gewissermaßen den Hahn zudreht. Die Erfahrungen aus zwei Ölkrisen werden dabei eine Rolle spielen. Allerdings leben wir heute in einer anderen Welt als zu Zeiten eines funktionierenden OPEC-Kar-

tells. Der Markt für fossile Brennstoffe ist hoch diversifiziert, es gibt eine große Zahl von Anbietern der verschiedenen Brennstoffe und die Gefahr einer Kartellbildung, bei der Energie als Waffe eingesetzt wird, kann als sehr gering eingeschätzt werden.

Zwar ist Deutschland von Energieimporten abhängig, aber die Exporteure sind ihrerseits darauf angewiesen, ihre Energievorkommen am Weltmarkt abzusetzen, wollen sie ihre eigene wirtschaftliche Entwicklung vorantreiben. Hinzu kommt, dass das Maß an Autarkie, das sich durch erneuerbare Energien herstellen lässt, vermutlich deutlich überschätzt wird. Für die Regelernergie, die man beim Einsatz von Wind- und Solarenergie benötigt, kommt in erster Linie Gas in Frage und das bedeutet, dass selbst bei einer hohen Eigenversorgung die Abhängigkeit bspw. von russischen Gaslieferungen eher zunehmen wird.

Versorgungssicherheit bedeutet auch Netzstabilität

Dazu kommt, dass die Versorgungssicherheit zwei Seiten hat. Einerseits ist damit die sichere Versorgung mit den notwendigen Primärenergieträgern gemeint – das ist die Seite, die in der gegenwärtigen Diskussion angesprochen wird – andererseits fällt unter „Versorgungssicherheit“ aber auch die Netzstabilität, d. h. die sichere Verfügbarkeit von elektrischer Energie rund um die Uhr, an 365 Tagen im Jahr.

Es dürfte keinen Zweifel daran geben, dass ein dezentrales Energiesystem, in dem mit hoher Varianz einspeisende erneuerbare Energien das Sagen haben, deutlich schwieriger zu stabilisieren ist, als ein zentrales System, in dem die fossilen Brennstoffe die Netzstabilität sichern. Das bedeutet, dass es im Hinblick auf die Netzstabilität darum gehen wird, das hohe Sicherheitsniveau wieder zu erreichen, das Deutschland vor der Energiewende hatte (und das ein wichtiger Standortvorteil war).

Dazu sind erhebliche Investitionen notwendig, d. h. es wird sehr teuer werden, etwas wiederzuerlangen, was das „alte“ Energiesystem bereits sicherstellte. Insgesamt dürfte der Verweis auf eine höhere Autarkie und die Versorgungssicherheit nicht geeignet

sein, eine auch nur halbwegs überzeugende Begründung für die gewaltigen Anstrengungen zu liefern, die mit der Energiewende auf Deutschland zukommen.

Der Einsatz der erneuerbaren Ressourcen wird oft mit dem Hinweis gerechtfertigt, dass die fossilen Brennstoffe endlich seien und man schon deshalb eine Alternative brauche. Dass die Kohlenstoffvorräte der Erde begrenzt sind, wird niemand bestreiten, allerdings gibt es durchaus divergierende Angaben zur Reichweite der Vorräte.

Einigkeit besteht aber darin, dass durch die massiven Fortschritte in der Explorations-technologie die Verfügbarkeit fossiler Ressourcen massiv gestiegen ist und es keinen Anlass gibt, in den nächsten 150 Jahren mit einem ernstem Engpass zu rechnen. Insofern dürfte es ohnehin ratsam sein, über Alternativen in frühestens einem Jahrhundert nachzudenken, weil man dann die Technologien einsetzen kann, die im Verlauf des nächsten Jahrhunderts entwickelt werden.

Aber der Verweis auf die Endlichkeit der Ressourcen ist aus einem viel profaneren Grund nicht geeignet, ein eigenständiges Ziel für die Energiewende zu liefern. Die Klimaforschung sagt uns, dass wir das Ziel, die Erwärmung der Erdatmosphäre auf zwei Grad Celsius zu beschränken, nur erreichen können, wenn wir nur noch einen sehr kleinen Anteil der vorhandenen Kohlenstoffressourcen nutzen. Wenn man also ein klimapolitisches Ziel verfolgt, dann ist das Ressourcenziel als Zusatz dazu redundant. Haben wir beim Klimaschutz Erfolg, ist die Endlichkeit der Ressourcen nichts, worum wir uns Sorgen machen müssten. Deshalb sollte man allein über die bestmögliche Klimapolitik nachdenken – Ressourcenschonung ist in ihr mit enthalten.

Wenn es um Begründungen für den Einsatz erneuerbarer Energien geht, wird immer wieder auf die Arbeitsplätze verwiesen, die durch die EEG-Förderung entstanden seien. Ökonomisch sinnvoll ist dieser Verweis nicht, denn für die Beschäftigungseffekte des EEG sind natürlich nicht die Bruttozahlen – die Anzahl der Arbeitsplätze in der erneuerbaren Energien Branche – sondern die Nettozahlen ausschlaggebend. Zu denen gelangt man, wenn man alle Verdrän-

gungseffekte und Verzerrungen auf dem Arbeitsmarkt mit berücksichtigt. Investitionen in Solar- oder Windenergie verdrängen Investitionen in anderen Bereichen und die Ausgaben für teuer produzierte erneuerbare Energie reduzieren die Nachfrage nach anderen Gütern.

Es spricht vieles dafür, dass die Nettoeffekte negativ sind, denn zusätzlich zu den unmittelbaren Verdrängungseffekten kommt, dass auch die hohen Energiekosten, die durch das EEG erzeugt werden (sowohl für Teile der Industrie als auch für die Privathaushalte), negative Arbeitsplatzeffekte haben. Dazu kommt, dass die Produktion und die Wartung von EE-Anlagen den Einsatz hochspezialisierter Fachkräfte verlangt – also genau der Arbeitskräfte, für die schon seit geraumer Zeit gilt, dass es für sie nicht zu wenige, sondern zu viele Arbeitsplätze gibt. Man muss also gar nicht erst auf die gegenwärtige Krise der Solaranlagenhersteller verweisen, um das Arbeitsplatzargument zu entkräften. Auch wenn die deutschen Anlagenbauer wettbewerbsfähig wären, würde aus der Förderung der erneuerbaren Energien immer noch keine gute Arbeitsmarktpolitik.

Im Ergebnis bleibt als einziger überzeugender Grund für eine Energiewende die Absicht, einen Beitrag zur Klimapolitik leisten zu wollen. Damit ist man also bei der Gretchenfrage angelangt: Ist eine im Alleingang durchgeführte Energiewende gute Klimapolitik? Diese Frage hat zwei Aspekte, die sorgfältig zu unterscheiden sind. Einerseits sollte man fragen, ob es sinnvoll ist, dass ein einzelnes Land (oder eine kleine Gruppe von Ländern) ein „klimapolitisches Solo“ spielt. Andererseits ist zu prüfen, ob die Art und Weise, in der das Solo gespielt wird, geeignet ist, ein gutes Beispiel zu geben, d. h. ob die Maßnahmen, die das einzelne Land ergreift, als rationale Klimapolitik bezeichnet werden können.

Die Energiewende als Klimapolitik

Der Alleingang eines einzelnen Landes kann selbstverständlich für sich genommen keinen wirklich spürbaren Beitrag zur Lösung oder auch nur zur Entschärfung des Klimaproblems leisten. Der Anteil, den Deutschland an den weltweiten Treibhausgasemis-

sionen hat, liegt unter 2 %, der der gesamten EU um 10 %. Damit die Begrenzung der Erderwärmung auf zwei Grad Celsius gelingt, bedarf es einer großen Koalition von Ländern, in der nicht nur die Industrieländer, sondern auch die Schwellenländer und große Entwicklungsländer gemeinsam Klimaschutz praktizieren.

Ein Alleingang ist deshalb nicht daraufhin zu prüfen, ob durch ihn die CO₂-Konzentration spürbar gesenkt werden kann (was nicht möglich ist), sondern darauf, ob er geeignet ist, das Zustandekommen einer solchen Koalition zu befördern oder nicht. Das wiederum kann entweder dadurch erreicht werden, dass allein die Tatsache, dass ein Land eine Vorleistung erbringt, die Bereitschaft anderer Länder erhöht, in den Klimaschutz zu investieren und andererseits dadurch, dass die klimapolitischen Maßnahmen des „Solisten“ anderen Ländern zeigen, wie man gute Klimapolitik betreibt.

Die ökonomische Theorie hat sich mit der Wirkung eines Alleingangs auf andere Länder sehr ausführlich beschäftigt. Im Mittelpunkt stehen dabei spieltheoretische Modelle, mit denen die strategischen Implikationen eines solchen Alleingangs analysiert werden können. Ergänzt wird diese theoretische Analyse durch experimentelle Arbeiten, in denen internationale Klimaschutzverhandlungen unter Laborbedingungen durchgeführt werden [1].

Wahrscheinlichkeit eines internationalen Klimaschutzabkommens

Beim Klimaschutz geht es um die Bereitstellung eines globalen öffentlichen Gutes. Die an dieser Bereitstellungsaufgabe beteiligten Länder befinden sich in einem klassischen sozialen Dilemma. Alle würden besser gestellt, wenn jedes Land einen Beitrag zum Klimaschutz erbringt und das Klima dadurch stabilisiert werden kann. Gleichzeitig aber ist es für jedes einzelne Land vorteilhaft, selbst keinen Beitrag zu leisten und sich auf die Freifahrerposition zurückzuziehen. Im nicht-kooperativen Gleichgewicht kommt es deshalb nicht zur Kooperation der Staaten, sondern zu einer gravierenden Unterversorgung mit dem Kollektivgut Klimaschutz.

Aus diesem Dilemma können nur internationale Abkommen führen, in denen sich die beteiligten Länder freiwillig dazu verpflichten, Klimaschutzleistungen zu erbringen. Solche Abkommen müssen „self enforcing“ sein, d. h. es muss im Interesse der Signatarstaaten liegen, sich an das Abkommen zu halten, denn sie können von keiner Zentralregierung dazu gezwungen werden. Das „Arbeitspferd“ der spieltheoretischen Literatur, die sich mit dem Zustandekommen solcher Abkommen befasst, ist ein sog. „Membership-Modell“, in dem das Zustandekommen eines Abkommens als ein zweistufiges Spiel modelliert wird. Das zentrale Resultat dieser Modelle besteht darin, dass nur mit sehr kleinen Koalitionen gerechnet werden kann [2].

Der entscheidende Punkt dabei ist, dass Koalitionen die Eigenschaft besitzen, dass sie die Freifahrerposition umso attraktiver machen, je größer sie werden. Das ist deshalb der Fall, weil die Vermeidungsanstrengungen, die in der Koalition unternommen werden, für die Nicht-Signatarstaaten ebenfalls von Vorteil sind. Je mehr Mitglieder die Koalition hat, umso stärker wird dieser Effekt und umso lohnender wird die Freifahrerposition.

Jedes weitere Koalitionsmitglied verstärkt deshalb das Freifahrerproblem. Hinzu kommt, dass Länder, die sich außerhalb der Koalition befinden, unter Umständen Anreize haben, ihre Emissionen zu verstärken, bzw. ihre Vermeidungsanstrengungen zurückzufahren. Solche Rebound-Effekte machen die bescheidenen Erfolge, die die kleinen Koalitionen feiern können, zum Teil wieder zunichte.

Die Membership-Modelle haben gezeigt, dass nicht ohne Weiteres mit dem Zustandekommen eines erfolgreichen Klimaabkommens zu rechnen ist. Daraus leitet sich die Frage ab, ob es Möglichkeiten gibt, zu besseren Ergebnissen zu gelangen. In der Literatur sind verschiedene Alternativen diskutiert worden, zu größeren Koalitionen und damit zu Effizienzgewinnen zu kommen. Eine naheliegende Idee besteht darin, Seitenzahlungen einzusetzen. Die Signatarstaaten bezahlen die Nicht-Signatarstaaten in diesem Fall dafür, dass sie der Koalition beitreten.

Ungelöst ist dabei allerdings die Frage, wie die Seitenzahlung zustandekommen soll.

Für die Signatarstaaten ist der Effizienzgewinn, der durch eine solche Seitenzahlung erreicht wird, ein öffentliches Gut, denn alle Signatarstaaten profitieren von der Vergrößerung der Koalition. Damit stehen wir bei der Organisation der Seitenzahlung vor dem gleichen Dilemma wie bei der Bereitstellung von Klimaschutz. Das reduziert die Erfolgsaussichten dieser Strategie erheblich.

Neben Seitenzahlungen werden in der Literatur noch weitere unterstützende Maßnahmen diskutiert, die prinzipiell geeignet sein könnten, die Wahrscheinlichkeit für das Zustandekommen eines Klimaabkommens zu steigern. Bspw. lassen sich verschiedene Abkommen im Rahmen eines „Issue Linkage“ miteinander verbinden, oder es kann mit Handelssanktionen gedroht werden, um Länder in die Koalition zu treiben.

Es ist hier nicht der Raum, um diese Instrumente ausführlich zu diskutieren [3], aber im Ergebnis muss konstatiert werden, dass auch dann, wenn man Seitenzahlungen, Issue Linkage und Handelsrestriktionen als flankierende Maßnahmen mit ins Auge fasst, die Aussichten auf ein wirksames internationales Klimaabkommen eher pessimistisch einzuschätzen sind. Bleibt die Frage, ob ein einzelnes Land oder eine Gruppe von Ländern (wie bspw. die EU) den Verhandlungsprozess dadurch befördern kann, dass einseitige Vorleistungen erbracht werden.

Ein Alleingang hat Auswirkungen

Die Frage, ob durch das gute Beispiel eines Landes oder einer Gruppe von Ländern bessere Resultate internationaler Klimaverhandlungen zu erwarten sind, ist Gegenstand eines Modells [4], in dem der Fall untersucht wird, dass ein Land deshalb hohe Umweltschutzanstrengungen unternimmt, weil es daraus einen Zusatznutzen gewinnt, der über den reinen Emissionsvermeidungseffekt hinausgeht. Solange die anderen Länder darauf rational reagieren und keinerlei Verhandlungen stattfinden, hat eine solche einseitige Vorleistung zur Folge, dass die andern Länder ihre Emissionen steigern werden. Dennoch kann es zu einem positiven Nettoeffekt kommen. Dies ist dann der Fall, wenn das vorleistende Land über die geringsten Grenzvermeidungskosten aller Länder verfügt.

Entscheidend ist allerdings die Wirkung, die einseitige Vermeidung auf potenzielle Verhandlungen hat. Wichtig ist dabei, dass die nicht-kooperative Lösung, die sich ohne Verhandlungen einstellt, für die Bedingungen, unter denen Verhandlungen ablaufen, erhebliche Bedeutung hat. Sie determiniert den Drohpunkt dieser Verhandlungen, denn es ist klar, dass die nicht-kooperative Lösung realisiert wird, wenn die Verhandlungen scheitern.

Das Modell von Hoel zeigt, dass einseitige Vorleistungen eines Landes den Drohpunkt in einer für dieses Land unvorteilhaften Weise verändern. Das führt zu einer Lastenverteilung, bei der das vorleistende Land höhere Vermeidungsanstrengungen übernimmt, als es ohne Vorleistung zu erbringen hätte. Unter sehr realistischen Bedingungen hat die Vorleistung zur Folge, dass nach den Verhandlungen weniger Schadstoffe vermieden werden als vermieden worden wären, wenn keine Vorleistung erfolgt wäre.

Die verhaltensökonomische Analyse von Klimaschutzverhandlungen kommt zwar punktuell zu Resultaten, die von den spieltheoretischen Prognosen abweichen, bestätigt aber in der Tendenz die zentralen Resultate der Theorie [5]. Der wissenschaftliche Beirat des Bundesfinanzministeriums kommt angesichts dieser Ergebnisse zu einem sehr eindeutigen Urteil über den Versuch, durch einen Alleingang die weltweite Klimapolitik voranzubringen: „Eine Selbstverpflichtung ist in einer Situation nicht-kooperativer Umweltpolitik zum Schaden der eigenen Bevölkerung, weil sie hohe Kosten der Umweltpolitik auf sich zieht, ohne dass garantiert ist, dass sich die Belastung des Weltklimas wesentlich vermindert“ (S. 14).

Geben wir ein Beispiel für gute Klimapolitik?

Deutschland verfolgt seit mehr als zehn Jahren klimapolitische Ziele und setzt dabei vor allem auf die Förderung der erneuerbaren Energien. Die Zielvorgaben der Energiewende sind zwar relativ neu, aber bisher ist nicht absehbar, dass der Ordnungsrahmen, der bei der Realisierung dieser Ziele verwendet werden soll, signifikant verändert werden wird. Um zu beurteilen, ob mit der Energiewende ein Beispiel guter Klimapo-

litik gegeben wird, muss deshalb der alte Ordnungsrahmen – der vor allem durch das EEG vorgegeben wird – daraufhin untersucht werden, ob er eine rationale Antwort auf die Herausforderung des Klimaproblems ist.

Rational ist Klimapolitik dann, wenn die für die Reduktion der CO₂-Emissionen eingesetzten Ressourcen kosteneffizient verwendet werden, d. h. die Emissionsersparnis pro Ressourceneinheit maximiert wird und außerdem Anreize entstehen, in die Entwicklung neuer, kosteneffizienter Vermeidungstechnologien zu investieren. Die Klimapolitik, die Deutschland bisher betrieben hat, leistet beides nicht: Sie verschwendet Ressourcen und zerstört Anreize für Forschung und Entwicklung. Die Begründungen für diese Behauptungen können hier nur skizziert werden [6]:

- Die ökologische Wirkung der Förderung der erneuerbaren Energien ist praktisch gleich Null, weil bei der Ausgestaltung des Instrumentariums die Wechselwirkung mit dem europäischen Emissionshandel nicht beachtet wurde. Eine durch erneuerbare Energien erreichte Minderung des CO₂-Ausstoßes reduziert nicht die Menge der in Europa zirkulierenden Emissionsrechte. Die nicht wahrgenommenen Rechte werden nicht eingespart, sondern über den Emissionshandel verlagert.

- Das Problem kann nur scheinbar dadurch gelöst werden, dass man den Europäischen Cap, der die Gesamtmenge der Emissionsrechte festlegt und dadurch die Emissionsmenge steuert, ex post reduziert. Der Emissionshandel führt nur dann zu einer kostenminimalen Realisation des Cap, wenn die Entscheidungen über die Vermeidung (wer, wo, wie) den dezentralen Akteuren überlassen werden. Allein auf diese Weise entstehen die notwendigen Anreize für eine kostenminimale Vermeidung und nur so kann die dezentral vorliegende Information über die wahren Vermeidungskosten nutzbar gemacht werden. Die Festlegung des Cap, nachdem eine bestimmte Technologie administrativ festgelegt wurde, zerstört diesen Mechanismus.

- Die ökologische Wirkung des EEG ist vernachlässigbar, aber die ökonomischen

Effekte sind massiv. Dadurch, dass mit dem EEG bestimmten Technologien Vorrang eingeräumt wird, ohne dass dabei Rücksicht auf die CO₂-Vermeidungskosten genommen wird, werden die im Rahmen des Europäischen Emissionshandels zu erbringenden CO₂-Vermeidungen zu dramatisch höheren Kosten realisiert, als dies ohne EEG möglich wäre. Böhringer und Rosendahl [7] benutzen ein rechenbares Gleichgewichtsmodell, um diesen Kosteneffekt abzuschätzen und zeigen, dass bereits ein Anteil von 9 % erneuerbarer Energien zu einer Verdoppelung der Kosten für die Einhaltung des Caps führt. Die Ursache für diese massive Ressourcenverschwendung ist die Tatsache, dass die Grenzvermeidungskosten der erneuerbaren Energien um ein Vielfaches über den Grenzkosten der CO₂-Vermeidung liegen, die im konventionellen Energiesektor anfallen. Bspw. kostet 1 t CO₂-Vermeidung beim Einsatz von Photovoltaik mindestens 500 €. Die Preise für CO₂-Emissionsrechte, die einen Anhaltspunkt für die Grenzvermeidungskosten im konventionellen Bereich liefern, liegen zwischen 7 und 10 €. Zwar sind die Kosten bei der Windkraft niedriger, aber immer noch um den Faktor 10 höher als im konventionellen Bereich [8].

■ Die Förderung der erneuerbaren Energien hat zwar keinerlei Auswirkung auf die CO₂-Menge, die eingespart wird, aber massive Wirkungen auf die Preise für CO₂-Emissionsrechte. Da die Produzenten gezwungen werden, Strom mit einer teuren Technik zu erzeugen, die keine CO₂-Emissionen verursacht, reduziert sich die Nachfrage nach Emissionsrechten und deshalb sinkt deren Preis. Das hat zur Folge, dass die Anreizwirkung zerstört wird, die von der Erwartung steigender CO₂-Preise ausgeht. Die Emitenten werden die (rationale) Erwartung bilden, dass es billig bleibt, CO₂ zu emittieren, weil die Politik sich darauf festlegt, den Ausbau der erneuerbaren Energien weiter zu fördern. Warum also in Forschung & Entwicklung investieren?

Fazit: Opportunität statt rationale Politik

Die Energiewende wird vermutlich nicht viel daran ändern, wie wir Klimapolitik betreiben, aber sie wird die Kosten und die Ressourcenverschwendung, die mit dieser Kli-

mapolitik verbunden ist, potenzieren. Allein die Kosten für die komplette Neugestaltung des Stromnetzes, die der Übergang zu einer dezentralen Energieversorgung erzwingt, werden dazu führen, dass die deutsche Klimapolitik zu einem extrem kostspieligen Unterfangen wird. Die vorangegangene Analyse zeigt, dass, im Gegensatz zu den Kosten, die Erträge, die dieses Unterfangen einführt, sehr bescheiden ausfallen werden.

Es steht zudem nicht zu erwarten, dass durch die Energiewende die zwingend notwendige internationale Kooperation vorangebracht wird. Im Gegenteil, die Bedingungen dafür werden insofern verschlechtert, als dass die Energiewende keine Mittel für Seitenzahlungen übriglassen wird, mit denen es möglich sein könnte, den europäischen Emissionshandel auszudehnen. Eine aktuelle Arbeit des Autors [9] zeigt, dass ein Bottom up-Ansatz, mit dem eine solche Erweiterung praktiziert werden könnte, eine vielversprechende Alternative zu den jährlich scheiternden internationalen Klimaverhandlungen wäre, die versuchen, eine Top down-Lösung mithilfe eines globalen Klimaabkommens zu erreichen.

Insgesamt fällt das Urteil über die Energiewende damit negativ aus. Es sieht sehr danach aus, dass es sich bei ihr tatsächlich eher um ein Produkt politischer Opportunität handelt als um ein rationales Instrument internationaler Klimapolitik oder um rationale nationale Energiepolitik.

Literatur

[1] Vergleiche zu den folgenden Ausführungen: Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesfinanzministerium: Klimapolitik zwischen Emissionsvermeidung und Anpassung. Bundesfinanzministerium, Berlin 2010; Weimann, J.: Politikberatung und die Verhaltensökonomie. Eine Fallstudie zu einem schwierigen Verhältnis. In: Schmollers Jahrbuch 130 (3), 2010, S. 279–296; Weimann, J.: Institutionen für die Beherrschung globaler Commons und global öffentlicher Güter. Kurzexpertise für die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages, Berlin 2012; Weimann, J.: Wie sinnvoll ist der klimapolitische Alleingang Deutschlands? Ifo Schnelldienst, 12-2012, S. 36–39; Weimann, J.: Wie sinnvoll ist der klimapolitische Alleingang Deutschlands? Erscheint in: Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 41, Die Zukunft der Energieversorgung, München 2012, S. 153–163.

[2] Barrett, S.: Self-enforcing International Environmental Agreements, Oxford Economic Papers 46, 1994, 878–894; Carraro, C.; Siniscalco, D.: Strategies for the International Protection of the Environment, Environmental papers, 1993.

[3] Vergleiche dazu die Diskussion in Weimann, J.: Wie sinnvoll ist der klimapolitische Alleingang Deutschlands? in: Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 41, Die Zukunft der Energieversorgung, München 2012, S. 153–163.

[4] Genaueres in: Hoel, M.: Global Environmental Problems. The Effects of Unilateral Actions Taken by one Country, in: Journal of Environmental Economics and Management 20/1991, S. 55–700; Hoel, M.: International Environment Conventions. The Case of Uniform Reductions of Emissions, Environmental & Resource Economics 2/1992, S. 141–159.

[5] Vergleiche Weimann, J.: Politikberatung und die Verhaltensökonomie. Eine Fallstudie zu einem schwierigen Verhältnis. In: Schmollers Jahrbuch 130 (3), 2010, S. 279–296; und Weimann, J.: Wie sinnvoll ist der klimapolitische Alleingang Deutschlands? in: Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 41, Die Zukunft der Energieversorgung, München 2012, S. 153–163; sowie Sturm, B.; Weimann, J.: Unilateral Emissions Abatement. An Experiment, in: Environmental Economics, Experimental Methods, Routledge, London 2008, S. 157–183.

[6] Ausführlich dazu: Weimann, J.: Die Klimapolitik-Katastrophe. Deutschland im Dunkeln der Energiesparlampe, Marburg 2007; Weimann, J.: Institutionen für die Beherrschung globaler Commons und global öffentlicher Güter. Kurzexpertise für die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages, Berlin 2012.

[7] Böhringer, Chr.; Rosendahl, K. E.: Green Promotes the Dirtiest: On the Interaction between Black and Green Quotas in Energy Markets, Journal of Regulatory Economics 37(3)/ 2010, S. 316–325.

[8] Vergleiche zu den Grenzvermeidungskosten alternativer Klimaschutzmaßnahmen Deutsche Energie-Agentur (dena): Netzstudie I, Berlin 2005, sowie Fahl, U.: CO₂-Minderungskosten für Technologien und Energieszenarien im Vergleich, erscheint in: Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 41, Die Zukunft der Energieversorgung, München 2012.

[9] Weimann, J.: Institutionen für die Beherrschung globaler Commons und global öffentlicher Güter. Kurzexpertise für die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages, Berlin 2012.

*Prof. Dr. J. Weimann, Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftspolitik, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg
joachim.weimann@ovgu.de*

„Wir riskieren, dereinst auf Energie von anderen Ländern angewiesen zu sein“

Der Wirtschaft Europas bekommt immer mehr und immer stärkere internationale Konkurrenz. Ein starker Standort braucht eine robuste Industrie und die wiederum sichere und bezahlbare Energie. Energiewendepolitik sollte das nicht aus den Augen verlieren. Über Risiken, Chancen der und Alternativen zur aktuellen Energie- und Klimapolitik sprach „et“ mit dem Europaparlamentarier Herbert Reul, von 2006 bis 2009 energiepolitischer Sprecher der CDU/CSU-Gruppe und zwischen 2009 bis 2012 Vorsitzender des Ausschusses für Industrie, Forschung und Energie im EP. Seit dem 17. Januar 2012 ist Reul Vorsitzender der CDU/CSU-Gruppe im Europäischen Parlament.

„et“: Wie wichtig ist die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Europa für die Bewältigung der aktuellen Schuldenkrise?

Reul: Sie ist zentral. Alles Sparen wird nicht ausreichen, wenn es uns nicht gelingt, Europa international wettbewerbsfähiger zu machen. Europa ist nicht auf alle Zeiten ein Hort des Wohlstandes und Wirtschaftswachstums. Indien, China, USA, Brasilien und andere Staaten außerhalb Europas werden wirtschaftlich größer und vor allem immer besser. Sie sind auch schon lange nicht mehr nur Regionen für billige Arbeitskräfte. Da findet Neues statt, zum Beispiel bei den Stromspeichertechnologien. Wer hätte vor ein paar Jahren gedacht, dass die Batterietechnik in Südkorea boomt? Die gesamte Unterhaltungselektronik hat sich weg von Europa verlagert. Wettbewerb heute ist viel anstrengender als früher.

Wohlstand braucht Industrie

„et“: Wie schnell müssen wir auf diesen Wandel reagieren?

Reul: Es wird für uns höchste Zeit. Vor lauter Begeisterung an der Klimadebatte haben wir aus dem Blick verloren, dass ein wirtschaftlich starker Standort Industrie braucht und dass man sich darum bemühen muss. Ich predige das seit langem und legte mich diesbezüglich selbst mit der Bundesregierung an, als die Energiewende beschlossen wurde. Im Europaparlament gehörte ich zu einer radikalen Minderheit und galt als kleiner Träumer. Nur die osteuropäischen Kollegen waren auf unserer Seite und plädierten für Industrialisierung, um Wachstum zu generieren. Auch die Briten dachten, sie könnten ihren Wohlstand als Anbieter von Dienstleistungen absichern. Jetzt klopfen sie uns auf die Schultern und sagen, gut, dass ihr eure Industrie behalten habt. Inzwischen sind die meisten nachdenklich geworden.

„et“: Was sind die wichtigsten Faktoren für einen wettbewerbsfähigen industriellen Mittelstand?

Reul: Wichtig ist, dem industriellen Mittelstand faire Wettbewerbsbedingungen einzuräumen, damit der Binnenmarkt funktioniert. Man muss für eine ausreichende Eigenkapitalausstattung sorgen, darf die Regelungswut nicht übertreiben und sollte die Energiekosten gering halten. Vor allem muss die Politik Ja zur Industrie sagen, die lange Zeit als schmutzig und nicht gewollt galt. Vor mehr als einem Jahr schlug EU-Industriekommissar Antonio Tajani vor, alle geplanten Regulierungen zuerst dahin zu überprüfen, welche Auswirkungen sie auf die Industrieentwicklung haben. Dann kann man abwägen. Wenn ständig Beschlüsse im Energie- und Klimabereich gefasst werden, die alles verteuern, ruinieren wir systematisch die europäische Wirtschaft.

„et“: Riskieren wir durch unsere Vorreiterrolle im Klimaschutz eine Deindustrialisierung, während sich andere Länder um eine Reindustrialisierung bemühen?

Reul: Natürlich, das merken jetzt die Politik, die Wirtschaft und die Bevölkerung. Obschon es einige Parteien wohl nie lernen werden, beginnen wir endlich ernsthaft darüber nachzudenken, wie stark wir die Industrie belasten dürfen und wo die Grenzen liegen. Mit politischer Führung könnte man den Bürgern diese Problematik sehr gut erklären. Die deutsche Energiepolitik war aber von Träumen und Wünschen bestellt. Dies ändert sich allerdings gerade. Zu meinen, dank unserer Energiepolitik könne man das Weltklima retten, ist unrealistisch und geradezu unverantwortlich. Da sind zu viele schwer abschätzbare Variablen im Spiel.

„et“: Welche Fragen wären das konkret?

Reul: Vor allem die: Wo ist die Grenze des Ausbaus der Erneuerbaren? Wie hoch können wir die Kosten des EEG treiben, können wir mit diesem System überhaupt weitermachen? Wie bekommen wir die Strommasten in die Landschaft gebaut? Zu glauben, solche Fragen in wenigen Wochen ent-

scheiden zu können, halte ich für daneben. Auch ein Energie-Superministerium, für das ich immer war, könnte all die Probleme, die wir jetzt haben, nicht lösen. Sie sind entstanden, weil man viel zu überhastet vorgegangen ist. Nun wäre es klug, die Prozesse zu verlangsamen, und das macht jetzt Bundesumweltminister Peter Altmaier auch.

Energiepolitisches Zieldreieck nicht im Gleichgewicht

„et“: In Deutschland spricht man vom sog. energiepolitischen Zieldreieck Versorgungssicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit, setzt im Gegensatz zur EU aber nicht mehr auf Kernenergie, sondern weitgehend auf erneuerbare Energien. Bleiben so die Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit auf der Strecke?

Reul: Ja, weil wir nur auf eine Karte gesetzt haben. Dieses Dreieck steht für drei Ziele, um die man sich gleichermaßen kümmern muss. Doch das haben wir nicht getan. Stattdessen haben wir die CO₂-Vermeidung als das wichtigste Ziel erklärt, also auf eine Karte gesetzt, und das ist in der Politik immer schlecht. Jetzt muss nachgesteuert werden und plötzlich dürfen wir auch bei uns zum EEG Fragen stellen und darüber nachdenken, ob wir auf konventionelle Energien gänzlich verzichten können, oder ob wir sie für die Grundlagen brauchen. Plötzlich merken alle, dass das mit dem Bau von neuen Stromtrassen zumindest nicht so schnell geht. Und genauso stellen wir fest, dass wir noch keine Antworten auf das Problem der Stromspeicher haben.

„et“: Auch beim Thema CCS (Carbon Capture and Storage) kommen wir nicht voran...

Reul: ...Wenn man CO₂ zum Teufelswerk erklärt, darf man sich nicht wundern, dass Leute, die in der Nähe von möglichen CO₂-Speichern wohnen, die nicht wollen. Um Akzeptanz für solche Technologien zu schaffen, müssen Argumente vorge-



„Wer eine Wohlstandsgesellschaft will, braucht Industrie, und die wiederum Energie. Will man CO₂ minimieren und trotzdem eine verlässliche Energieversorgung haben, kommt man an der Kohle nicht vorbei und müsste auch bereit sein, CCS einzusetzen. Das EU-Parlament hat viel Geld zur Verfügung gestellt, um CCS-Pilotprojekte zu realisieren. Dass Deutschland hier aussteigt, ist nicht zu verantworten. Wir riskieren, dereinst auf Energie von anderen Ländern angewiesen zu sein.“

Herbert Reul MdEP, Vorsitzender der CDU/CSU-Gruppe im Europäischen Parlament

bracht werden. Wer eine Wohlstandsgesellschaft will, braucht Industrie, und die wiederum Energie. Will man CO₂ minimieren und trotzdem eine verlässliche Energieversorgung haben, kommt man an der Kohle nicht vorbei und müsste auch bereit sein, CCS einzusetzen. Das EU-Parlament hat viel Geld zur Verfügung gestellt, um CCS-Pilotprojekte zu realisieren. Dass Deutschland hier aussteigt, ist nicht zu verantworten. Wir riskieren, dereinst auf Energie von anderen Ländern angewiesen zu sein. Wie man klug und rational mit den Energiefragen umgehen kann, zeigt uns das Land Polen: Dort setzt man auf Kohle und CCS, Schiefgas und geht auch der Nuklearfrage nicht aus dem Weg. Die Polen sind die einzigen in Europa, die an der CCS-Technologie arbeiten.

„et“: Während der Kälteperiode Anfang Februar dieses Jahres stand das deutsche Stromnetz auf der Kippe. Die konventionellen Kraftwerke fuhrten Völlast, um die Netzstabilität zu gewährleisten. Welche Bedeutung hat der Eckpunkt „Versorgungssicherheit“ für den Standort Deutschland?

Reul: Wir haben in Deutschland ein ausgezeichnetes Stromnetz, doch das ist radikal gefährdet, weil es für die neuen Anforderungen nicht ausgerichtet ist. Insofern ist die Versorgungssicherheit von höchster Bedeutung. Ein Industrieland braucht nicht nur genug Energie, es darf vor allem keine Sekunde Stromausfall haben, denn das trifft die Industrie mit ihren modernsten Anlagen im Nerv. Strebt man ein Energiesystem mit Erneuerbaren unterschiedlicher Form sowie einen europäischen Strom-Binnenmarkt an, muss enorm viel Geld in Stromnetze investiert werden. Zu wenig diskutiert wird dabei, dass die Netzindustrie mit neuen Trassen genug Geld verdienen muss, damit sie beim Ausbau mitmacht. Das technische Know-how dazu wäre bei uns vorhanden. Aber auch die Planung eines EU-Stromnetzes kommt nur sehr mühsam voran. Alle sind dafür, aber es stehen auch dort jene zentralen Fragen im Raum, wie man es in Bezug auf Kosten und Genehmigungen hinkriegt.

„et“: Sie vermissen ein Leitbild für eine koordinierte Klimapolitik?

Reul: Ja, wir haben derzeit verschiedene Klimaziele wie die CO₂-Reduzierung, den Ausbau der Erneuerbaren oder die Steigerung der Energieeffizienz, die alle nicht aufeinander abgestimmt sind. Und dann beklagen wir, wenn beispielsweise die Zertifikatpreise im CO₂-Emissionshandel sinken, weil auf der anderen Seite die Erneuerbaren massiv ausgebaut werden. Dabei haben wir eine Überfülle an Maßnahmen beschlossen, die sich zum Teil widersprechen oder aufheben. Diesen an sich gut gemeinten Versuch, mit möglichst vielen Maßnahmen etwas zu erreichen, halte ich für das zentrale Problem, da man die gegenseitigen Auswirkungen nicht bedacht hat.

„et“: Ist dieses Problem mittlerweile erkannt worden?

Reul: Das weiß ich, es ist eine Frage der politischen Sichtweise. Es gibt Abgeordnete im Europaparlament, die solche Widersprüche ansprechen, aber auch etwa die Kommissarin für Klimapolitik oder klimafreundliche Abgeordnete, die sagen, man müsse alles tun, um das weltbewegende Klimaproblem zu lösen.

„et“: Nordrhein-Westfalen strebt eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 80 % bis 2050 an. Wie lässt sich dieses Ziel mit den großen Stahl- und Chemieanlagen im Bundesland vereinen?

Reul: Überhaupt nicht, vor allem nicht in der Schnelligkeit. Derart viel Druck aufzusetzen, halte ich für eine Gefährdung dieser Industriezweige. Anstatt ihnen Mut zu machen, hier zu investieren, sensibilisieren wir sie negativ. Wenn verlässliche Rahmenbedingungen fehlen, werden für zukünftige Investitionen andere Standortregionen erwogen und wenn Entscheidungen gefallen sind, werden sie auch nicht mehr rückgängig gemacht. Das ist eine schleichende Entwicklung. „Ökologischer Umbau der Industriegesellschaft“ klingt toll, und

dagegen hat auch kein Mensch etwas. Meine Sorge ist jedoch, dass der jetzige überhastete Umbau tatsächlich Arbeitsplätze gefährdet.

Wird die Energiewende zur sozialen Frage?

„et“: Prof. Erdmann von der TU Berlin rechnet mittelfristig mit Mehrkosten für EEG- und Netzzulage von etwa 10 ct/kWh Strom. Hinzu kommen ansteigende Lebenshaltungskosten. Das wird vor allem diejenigen treffen, die eine geringe Sparquote haben, also Kleinverdiener und Familien...

Reul: Die Verteuerung der Energie wird nicht Leute wie mich treffen, da ich für Strom mehr bezahlen kann. Aber es gibt viele Menschen, für die das zu einem Problem wird, wenn wir die Entwicklung nicht stoppen. Schon vor einem Jahr habe ich darauf hingewiesen, dass uns eine ernsthafte Energiearmut droht. Nun wird diskutiert, ob Energieunternehmen für Geringverdiener Sondertarife anbieten müssen. Die Differenz hätte der Rest der Kundschaft zu bezahlen oder, falls Zuschüsse an Hartz IV-Empfänger gehen, der Steuerzahler. Die Stromkosten steigen hoch wie Raketen, weil die Politik nicht die Kraft hat, sich gegen alle Interessenverbände durchzusetzen. Es wird höchste Zeit, dagegenzuhalten.

„et“: Mit welchen Mitteln sollten die steigenden Stromkosten begrenzt werden?

Reul: Ich werde mich bemühen, dass die Förderung von erneuerbaren Energien von den nationalen Zuständigkeiten weg auf die europäische Ebene verlegt wird, denn mittlerweile geht es in diesem Bereich um eine dreistellige Milliarden-summe. Jeder Nationalstaat hat wie bei einem Flickenteppich sein eigenes, teilweise sehr teures Fördersystem, was sehr ineffizient ist. Offensichtlich gibt es bislang keine politische Kraft, die das aufhalten kann. Wir haben es im Sommer erlebt, als die deutsche Bundesregierung das EEG deckeln wollte, es aber nur halbherzig schaffte. Wenn Betreiber eine gesicherte Einspeisevergütung für 20 Jahre erhalten und zudem garantiert wird, dass die Einspeisung Erneuerbarer Vorrang hat, ist das Planwirtschaft pur. Beides zusammen verhindert, dass die Marktkräfte in der Energiewirtschaft zum Zuge kommen, und das muss sich ändern!

„et“: Herr Reul, vielen Dank für das Interview.

Die Fragen stellte André Behr, Wissenschaftsjournalist, Zürich, im Auftrag der „et“

Integration erneuerbarer Energien in den deutsch-europäischen Strommarkt

Stephan Kohler und Annegret-Cl. Agricola

Der Ausbau und die Integration der regenerativen Stromerzeugung stellen vollkommen neue Anforderungen an das Energiesystem und verändern den konventionellen Kraftwerkspark, den Stromhandel, aber auch den Transport, die Verteilung und die Nutzung von Elektrizität maßgeblich. Die Studie „Integration der erneuerbaren Energien in den deutschen/europäischen Strommarkt“, die die Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW) der RWTH Aachen erstellt hat, untersucht den eingeleiteten Transformationsprozess des (deutschen) Stromsystems.

Bis 2020 sollen die Treibhausgasemissionen in Deutschland um 40 % und bis 2050 um 80 % reduziert werden. Gleichzeitig soll der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bis 2020 auf mindestens 35 % und bis 2050 auf 80 % steigen. Zur Verwirklichung dieser Zielsetzungen muss die deutsche Stromversorgung in den nächsten Jahrzehnten grundlegend umgebaut werden.

Zielsetzung der oben genannten Studie ist, die Entwicklung des in den europäischen Markt eingebetteten deutschen Stromsystems auf der Basis der energiepolitischen Zielsetzungen der Bundesregierung für den Zeithorizont bis 2050 unter Zugrundelegung der heute geltenden Rahmenbedingungen zu analysieren und ggf. erforderlichen Anpassungsbedarf im Hinblick auf die technische und marktwirtschaftliche Systemorganisation aufzuzeigen. Hierfür wurden folgende zentrale Annahmen getroffen:

- Entwicklungspfad der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist das Leitszenario 2009 des Bundesweltministeriums [1].
- Die Energieträgerpreise entwickeln sich auf Basis der im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums erstellten Energieprognose 2009.
- Der deutsche Strommarkt ist, unter Annahme eines barrierefreien Stromnetzes innerhalb der einzelnen europäischen Länder und unter Zugrundelegung der bestehenden Grenzkuppelkapazitäten, inkl. bestehender Ausbauplanungen für den Stromaustausch zwischen den Ländern, in einen vollständig realisierten europäischen Strommarkt [2] eingebettet.

Kernelement der Studie ist eine Modellierung des deutsch-europäischen Strom-



systems. Auf Basis der zugrundegelegten Annahmen wird zunächst die zukünftig vorzuhaltende Regelleistung in Abhängigkeit vom Ausbau der erneuerbaren Energien errechnet. Die Untersuchung modelliert für die Stützjahre 2020, 2030, 2040 und 2050 stundenscharf die Stromnachfrage und die Erzeugung aus erneuerbaren Energien sowie aus Kraft-Wärme-Kopplung. Darauf aufbauend wird die Entwicklung des konventionellen Kraftwerksparks in Deutschland sowie der Einsatz fossiler Kraftwerke in Europa unter Berücksichtigung der verfügbaren Grenzkuppelkapazitäten berechnet.

Zielgröße der Modellierung ist die kostenminimale Deckung der (nach Abzug der Erzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK verbleibenden) Stromnachfrage. Dabei wird der konventionelle Kraftwerkspark so ausgelegt, dass Stromnachfrage und Reserve-

bedarf in jeder Stunde gedeckt werden können. Abschließend erfolgen die Simulation der resultierenden kostenbasierten Marktpreise für Strom sowie eine Abschätzung des Ausbaubedarfs im deutschen Stromübertragungsnetz. Das Untersuchungsergebnis zeigt grundlegende Aspekte auf, die ein Stromsystem mit hohen Anteilen fluktuierender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien charakterisieren und einen erheblichen Anpassungsbedarf des bestehenden Stromsystems in Deutschland und Europa bedingen. Einige dieser Aspekte sollen nachfolgend diskutiert werden.

Grundlegende Veränderung von Erzeugungskapazitäten und Residuallast

Die Realisierung des zugrundegelegten Ausbaupfads der Stromerzeugung aus er-

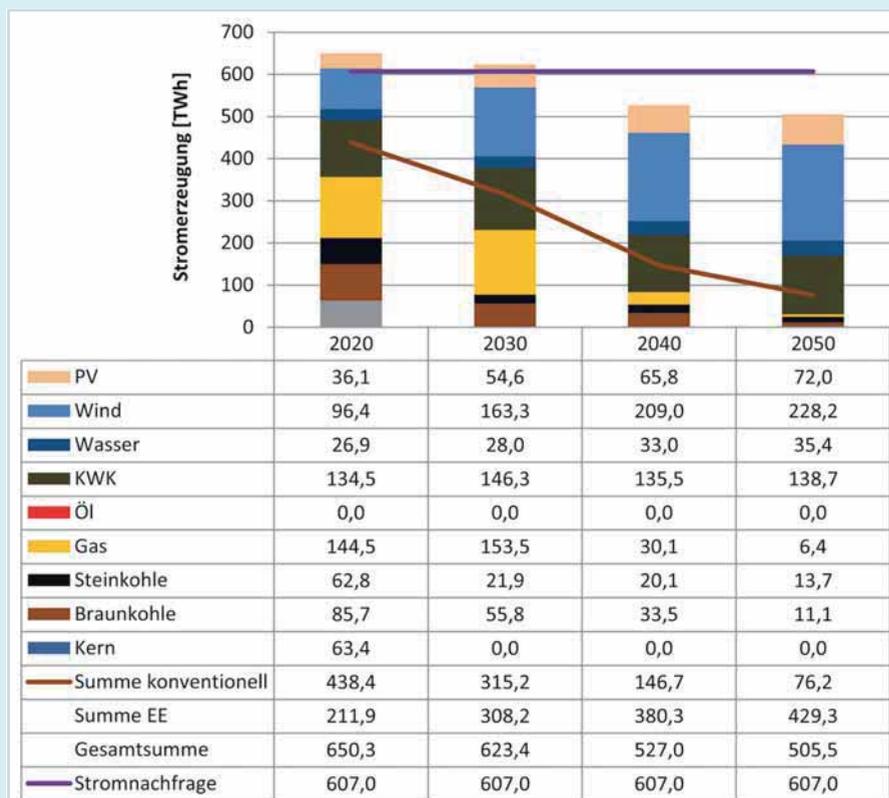


Abb. 1 Entwicklung der Stromerzeugung in Deutschland (der angenommene Ausbaupfad der Erneuerbaren basiert auf dem BMU-Leitszenario 2009)

neuerbarer Energien in Deutschland bedingt, dass die im Jahr 2050 hierzulande installierte Erzeugungskapazität wesentlich größer sein wird als die heutige. Die installierte Kapazität erhöht sich von heute ca. 150 GW auf ca. 240 GW im Jahr 2050. Die installierte Kapazität der erneuerbaren Energien wird mehr als verdreifacht; auf der Basis des zugrundegelegten Szenarios ist zudem im Jahr 2050 ein konventionel-

ler Kraftwerkspark in Deutschland mit rd. 60 GW nötig.

Gleichzeitig ermöglicht dieser Kraftwerkspark jedoch nicht die Deckung der Stromnachfrage zu jedem Zeitpunkt aus den in Deutschland installierten Stromerzeugungskapazitäten. Erneuerbare Energien werden 2050 zwar 80 % des in Deutschland benötigten Stroms liefern (Abb. 1), aber nur

24 % der gesicherten Leistung stellen. Um die Jahreshöchstlast im Jahr 2050 decken zu können, müssen zusätzlich zu den im berechneten Szenario für Deutschland ermittelten Stromerzeugungs- und Speicherkapazitäten entweder gesicherte Leistung aus dem Ausland bezogen oder weitere konventionelle Kraftwerke zugebaut werden.

Diese Aussage bleibt auch dann gültig, wenn es in Zukunft gelingt, die Systemlösung Power to Gas – also die Umwandlung regenerativer Stromerzeugung in Wasserstoff oder Methan, wirtschaftlich nutzbar zu machen. Um durch diese Option einen Beitrag zur Versorgungssicherheit in einem System mit sehr hohen Anteilen fluktuierender Stromerzeugung zu gewährleisten, werden Gaskraftwerke in der gleichen Größenordnung benötigt. Es ist also grundlegend für eine zukunftsfähige und sichere Energieversorgung, dass erneuerbare und konventionelle Energieerzeugung zusammengehen müssen. Der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung benötigt den raschen Zubau von effizienten und flexiblen konventionellen Kraftwerken, welcher durch die Flexibilisierung bestehender Kraftwerke durch Retrofitmaßnahmen ergänzt werden sollte.

Die Umgestaltung des Stromsystems bis 2050 führt zu grundlegenden strukturellen Veränderungen der Residuallast. Die wichtigsten Merkmale sind hohe Schwankungen und das Aufbrechen bisher typischer Tages- und Wochenlastverläufe. So kommt es im Tagesverlauf zu Residuallastschwankungen von bis zu 70 GW (Abb. 2), im Monatsverlauf von bis zu 110 GW. Die bisher durch die Nachfrage bestimmten Tages- und Wochenverläufe der Residuallast werden zunehmend durch die fluktuierende Einspeisung verändert. Zukünftig werden auch in nachfragestarken Mittagsstunden aufgrund hoher PV-Einspeisungen negative Residuallastwerte oder umgekehrt in Nachtstunden mit niedriger Windeinspeisung verhältnismäßig hohe Residuallastwerte auftreten.

Zusätzlich zu den beschriebenen Schwankungen im Tagesverlauf bestehen große Herausforderungen zum Ausgleich der jahreszeitlichen, aber auch der kurzfristigen Schwankungen der Residuallast im Minutenbereich. Bei der Analyse der kurz-

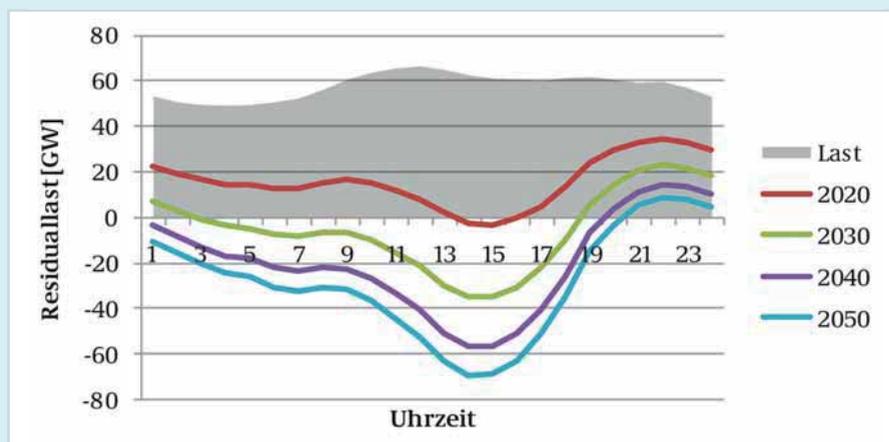


Abb. 2 Tagesverlauf der Residuallast an einem Samstag im August

fristigen Schwankungen besteht weiterer Forschungsbedarf, insbesondere bei der in vorliegender Studie nicht erfolgten Modellierung im unterstündlichen Bereich.

Negative Residuallasten

Ab 2020 wird das Auftreten von Stunden mit negativer Residuallast (Überschussstrom) relevant. In solchen Stunden wird mehr Strom durch die Must-run-Erzeugungsanlagen (erneuerbare Energien und KWK) bereitgestellt, als in Deutschland benötigt wird. Im Jahr 2050 weisen mehr als 3 800 Stunden, also über 40 % der Stunden im Jahr, negative Residuallastwerte auf. Der Extremwert der negativen Residuallast beträgt im Jahr 2050 teils mehr als 70 GW (siehe Abb. 3). Die insgesamt in 2050 zu Zeiten negativer Residuallast über die Nachfrage hinaus erzeugte Strommenge beträgt rd. 70 TWh im Jahr.

Zu einem gewissen Anteil kann der Stromüberschuss bei negativer Residuallast ins Ausland exportiert werden, wenn seitens der Nachbarländer Deutschlands eine entsprechende Bereitschaft hierfür besteht. Alternativ kann der Stromüberschuss im Inland zwischengespeichert werden, wobei ein massiver Ausbau der heute bestehenden Stromspeicherkapazitäten erforderlich ist, wenn die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zur Beibehaltung der Systemstabilität nicht aberegelt und damit verworfen werden soll.

Das in naher Zukunft, unter Annahme barrierefreier Stromnetze innerhalb der europäischen Staaten, nur geringfügige Auftreten nicht-integrierbarer Arbeit bis 2040 zeigt, dass das vorhandene Stromversorgungssystem die fluktuierende Einspeisung der erneuerbaren Energien unter optimalen Bedingungen zunächst relativ gut ausgleichen könnte, sofern das Ausland bereit und dazu in der Lage ist, entsprechende Strommengen aufzunehmen. Dies unterstreicht nochmals die Bedeutung des Ausbaus der Stromnetze und Grenzkuppelkapazitäten in Deutschland und Europa, um eine weitgehende Integration erneuerbarer Energien in Verbindung mit der Realisierung der energiepolitischen Zielsetzungen zu ermöglichen.

Mit dem weiteren Ausbau der fluktuierenden Erzeugung nimmt die nicht-integrierbare

Arbeit überproportional zu und steigt unter Annahme barrierefreier Netze und heutiger deutscher Stromspeicherkapazitäten auf rd. 21 TWh im Jahr 2050. Die aufgezeigte Entwicklung bei der nicht-integrierbaren Arbeit ist eine konservative Abschätzung und unterschätzt tendenziell die voraussichtliche zukünftige Entwicklung. Ursache ist die Eigenschaft der vollkommenen Voraussicht des zugrundegelegten Modells im Hinblick auf die Einsatzplanung des konventionellen Kraftwerkparks sowie den Betrieb von Speichern und Grenzkuppelkapazitäten.

Um das Auftreten von Extremwerten und Schwankungen auszugleichen, sind verschiedene Maßnahmen denkbar. Auch wenn voraussichtlich ein vollständiger Ausgleich nicht möglich ist, kann langfristig die fluktuierende Einspeisung erneuerbarer Energien durch den kombinierten Einsatz verschiedener Maßnahmen stärker vergleichmäßigt werden. Speicher, Demand-Side-Management, flexible konventionelle Kraftwerke, nationaler und internationaler Netzausbau und ggf. die besondere Förderung oder Begrenzung einzelner EE-Erzeugungstechnologien sowie Erzeugungsmanagement erneuerbarer Energien müssen dabei einen Beitrag leisten.

Zunahme von Preisvolatilität und Kosten

Die zunehmende fluktuierende Einspeisung aus erneuerbaren Energien hat auch nachhaltigen Einfluss auf den Stromhandel und die Preisbildung an der Börse, der bereits heute beobachtbar ist und in Deutschland derzeit intensiv diskutiert wird. Im bishe-

rigen Strommarkt war die Preisbildung vor allem nachfragegetrieben. D. h., untertags (und werktags) lagen eine höhere Nachfrage und damit im Allgemeinen auch ein höherer Preis vor. Nachts ist die Nachfrage niedriger, was sich auch in entsprechend geringeren Strompreisen widerspiegelt hat.

Infolge des Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland werden diese Zusammenhänge aufgrund der fluktuierenden Stromspeisung mehr und mehr aufgehoben. Die in der Studie durchgeführte Strommarktmodellierung unter Maßgabe des zugrundegelegten Ausbaupfads für erneuerbare Energien weist insbesondere eine erhebliche Zunahme der Preisvolatilität im Strommarkt für den Zeithorizont bis 2050 aus. Die Häufigkeit und Ausprägung sehr hoher und sehr niedriger Preise wird deutlich zunehmen. Dabei ist zu erwarten, dass die beobachteten Werte zunehmend stark vom Residuallastverlauf und nicht wie in der Vergangenheit vom Lastverlauf abhängen werden.

Die Summe der Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien steigt entsprechend der starken Zuwächse bei der Erzeugung von 2010 bis 2050 um 176 % auf 34,5 Mrd. € (Realwert) an. Dagegen sinken die spezifischen Stromgestehungskosten der erneuerbaren Energien bis 2050 um ca. 40 % in Folge von Skalen- und Lerneffekten. Trotz der stark sinkenden spezifischen Kosten bleiben im Ergebnis der Untersuchungen die Differenzkosten der erneuerbaren Energien bis 2050 positiv [3]. Eine wirtschaftliche Direktvermarktung erneuerbarer Energien ist damit unter bestehenden Marktbedingungen, d. h.

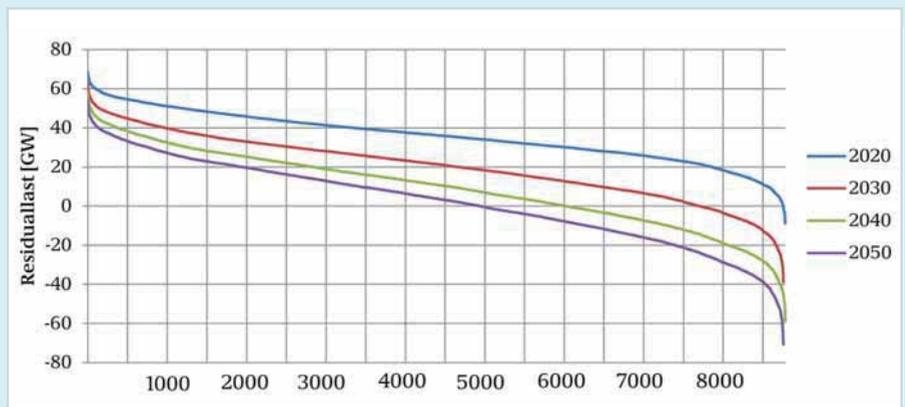


Abb. 3 Geordnete Dauerlinie der Residuallast

unter Zugrundelegung des heutigen Markt-designs, auch in 2050 nicht ohne weitere finanzielle Anreize zu erwarten.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit der Neujustierung des Strommarktdesigns im europäischen Kontext. Europäisch organisierte Kapazitätsmärkte sind zukünftig erforderlich, um in einem in den europäischen Markt eingebettetem deutschen Stromsystem mit sehr hohen Anteilen erneuerbarer Energien sowohl Versorgungssicherheit auf Basis ausreichend gesicherter Erzeugungskapazitäten als auch einen marktintegrierten Ausbaupfad der erneuerbaren Energien zu ermöglichen.

Die aktuelle Diskussion über die Auswirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf die Strompreise für Endverbraucher fokussiert auf die Entwicklung der Börsenpreise für Strom und die Entwicklung der EEG-Umlage. Eine solche Betrachtung vernachlässigt wesentliche weitere Bestandteile der Strompreise für Endverbraucher. Zukünftige Strompreissteigerungen werden außerdem durch steigende Netzkosten und Kosten für Flexibilisierungsmaßnahmen des Stromversorgungssystems wie bspw. die Errichtung von Speichersystemen und Nutzbarmachung von Demand-Side-Management verursacht [4]. Die genaue Berechnung der Entwicklung der Kosten bis 2050 ist aufgrund der Vielzahl der Faktoren, der komplexen Zusammenhänge und der langen Dauer des Umbaus des Stromversorgungssystems heute nicht möglich.

Energieeffizienz als Kostensenkungsmaßnahme

Eine Grobabschätzung verschiedener wesentlicher Kostenblöcke auf Basis der Modellierungsergebnisse, zusätzlicher Berechnungen, Experteneinschätzungen und den Ergebnissen anderer Studien zeigt insgesamt eine deutliche Zunahme der Kosten für die Stromversorgung in Deutschland bis 2050. Vor diesem Hintergrund ist die konsequente Erschließung wirtschaftlicher Stromeffizienzpotenziale von zentraler Bedeutung. Durch eine entsprechende Potenzialerschließung kann sowohl einem Anstieg des Stromverbrauchs infolge zunehmender Elektrifizierung von Prozessen in Unternehmen und Haushalten entgegengewirkt, der

Bedarf an gesicherten Erzeugungskapazitäten gesenkt und dadurch die Kostenbelastung maßgeblich reduziert werden.

Zugleich ist zu betonen, dass den zu erwartenden Kostensteigerungen infolge der grundlegenden Umgestaltung des Stromsystems positive Effekte und Einsparpotenziale auf der Nachfrageseite gegenüberstehen. So müssen die Verringerung der Klimafolgekosten über die Dekarbonisierung des Stromsystems als auch die volkswirtschaftlichen Vorteile durch die verminderte Abhängigkeit von Rohstoffimporten einschließlich der damit verbundenen Preis- und Verfügbarkeitsrisiken sowie die zusätzliche nationale Wertschöpfung in dieser Kostenbetrachtung angemessen berücksichtigt werden.

Systemeffekte der Erneuerbaren erkennen

Die Studienergebnisse machen deutlich, dass eine kritische Reflexion des Aufbaus erheblicher Erzeugungskapazitäten aus dargebotsabhängigen erneuerbaren Energien erforderlich ist. Sie ist in Anbetracht des langfristigen Zeithorizonts für die Realisierung der energiepolitischen Zielsetzungen als eine kontinuierliche Aufgabe zu verstehen. Im Mittelpunkt muss dabei aber das Bestreben stehen, die Umgestaltung des Energiesystems unter Minimierung der volkswirtschaftlichen Kosten zu organisieren. Dazu ist insbesondere der Ausbau der Erzeugungskapazitäten aus Wind und Sonne unter Berücksichtigung ihrer maßgeblichen Systemeigenschaften richtig einzuordnen.

Die Stromerzeugung aus Photovoltaik und Windkraft an Land wird durch hohe installierte Leistungen charakterisiert, die bei grundsätzlich geringer jährlicher Auslastung mit großer Gleichzeitigkeit und vergleichsweise hohem Flächenbedarf zur Deckung der Stromnachfrage beitragen. Windkraft-Offshore, Wasserkraft und Stromerzeugung aus Biomasse weisen hingegen deutlich höhere Energiedichten und jährliche Auslastungen sowie weitgehende Steuerungsmöglichkeiten auf.

Entgegen der vielfach vertretenen Auffassung, dass unter Nutzung von Photovoltaik und Windkraft-Onshore eine dezentrale

Energieversorgung begründet wird, gilt es vielmehr zu erkennen, welche Systemeffekte durch eine nicht ausreichend diversifizierte erneuerbare Energieträgerstruktur bewirkt werden können. So wirken Stromerzeugungskapazitäten aus Photovoltaikanlagen, die vermutlich bereits in den nächsten Jahren eine Kapazität von mehr als 50 GW verteilt auf mehrere Millionen dezentrale Erzeugungseinheiten in Deutschland erreichen werden, bei Sonnenschein wie ein riesiges Großkraftwerk.

An sonnenreichen Sonntagen wird bei geringerer Last eine Integration dieser Stromerzeugung ohne Abnahme durch unsere europäischen Nachbarn nicht gelingen, wenn die erneuerbare Stromproduktion nicht verworfen werden soll. Eine entsprechende Entwicklung bedingt jedoch zugleich den Ausbau der Stromnetze nicht allein in Deutschland, sondern auch in Europa. Millionen dezentraler Photovoltaik- und Windkraftanlagen können ihren Nutzen nur in einem integrierten europäischen Strommarkt voll entfalten. Zentrale Anforderung und Herausforderung für das Gelingen der Energiewende in Deutschland ist ihre Umsetzung in Abstimmung und im Einvernehmen mit den europäischen Nachbarn.

Anmerkungen

[1] Zum Zeitpunkt des Studienstarts lag das BMU-Leitszenario 2010 noch nicht vor.

[2] Bis dato ist die Vollendung des europäischen Binnenmarkt Strom noch nicht erreicht.

[3] Die Differenzkosten sind in der vorliegenden Studie definiert als der Anteil der Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien, der nicht durch Erlöse am Strommarkt gedeckt werden kann und daher auf den Endverbraucher abgewälzt wird. Dies bildet die EEG-Umlage nur näherungsweise ab, da diese auch weitere Kostenbestandteile wie z. B. Zinsen oder Vermarktungskosten enthält.

[4] Diese Kosten können nicht einfach addiert werden, da ihnen kostensenkende Effekte bspw. bei der Deckung der Residuallast entgegenstehen und für ihre Dimensionierung eine kostenminimierende Gesamtsystemoptimierung notwendig ist.

S. Kohler, Vorsitzender der Geschäftsführung, A. Agricola, Bereichsleiterin Energiesysteme und Energiedienstleistungen, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin

Solarthermische Stromerzeugung – ein Baustein für die Energiewende?

Robert Pitz-Paal

Nach der unrühmlichen Insolvenz der Solar Millennium AG ist es in Deutschland ruhig um solarthermische Kraftwerke geworden. Doch international kommt wieder Bewegung in den Markt. Denn viele Länder haben inzwischen verstanden, dass sich eine sichere Energieversorgung langfristig nicht allein auf Wind und Photovoltaik aufbauen lässt. Auch für die deutsche Energiewende könnte diese Technologie doch noch ein wichtiger Baustein in der Energieversorgung werden.

In solarthermischen Kraftwerken wird die direkte Solarstrahlung mittels Spiegeln konzentriert und ein Wärmeträgerfluid erwärmt. Die so erzeugten hohen Temperaturen reichen aus, ein konventionelles Dampfkraftwerk anzutreiben. Diese Technik setzten die USA bereits in den 1980er Jahren in der kalifornischen Mojave-Wüste in zentralen netzgekoppelten Großkraftwerken ein, um die in den Sommermonaten durch Klimaanlagen stark ansteigende Spitzenlast abzudecken und sich zugleich gegen steigende Gaspreise abzusichern. Doch die stattdessen sinkenden Gaspreise raubten der Technik damals die kommerzielle Basis für eine weitere Verbreitung.

Die infolge der Klimadiskussion Anfang dieses Jahrtausends vor allem in Spanien und in den USA neu aufgelegten Förderprogramme waren die treibende Kraft für ein neues Marktwachstum. Von den zurzeit weltweit betriebenen 1 860 MW an solarthermischen Kraftwerken stehen allein 1 250 MW in Spanien und 510 MW in den USA [1]. Deutsche Unternehmen haben gerade zu Anfang dieser Entwicklungsphase insbesondere bei den Schlüsselkomponenten Spiegel, Absorberrohr und Turbine sowie bei der Projektentwicklung und beim Engineering hohe Lieferanteile erzielt.

Inzwischen werden die Projekte allerdings verstärkt von spanischen und amerikanischen Unternehmen entwickelt und gebaut. Der spanische Generalunternehmer Abengoa, mit mehr als 1 000 MW an beauftragten solarthermischen Kraftwerksprojekten Weltmarktführer, bezieht nach eigenen Angaben für sein 250 MW-Solkraftwerk in den USA nur noch 6 % seiner Komponentenzulieferungen aus Europa, 73 % hingegen stammen aus den USA selbst [2]. Diese Entwicklung ist vor allem der in den USA gängigen Subventionspraxis geschuldet, nach der lokale Lieferanten bevorzugt werden.



Parabolrinnenkraftwerke Andasol 1 & 2 (je 50 MW an Gesamtleistung und 7 Stunden Energiespeicher) in der Nähe von Guadix in Andalusien
Foto: Flagsol

Weltweit befinden sich aktuell 3 000 MW an neuen solarthermischen Kraftwerken im Bau, davon 950 MW in Spanien, 1 320 MW in den USA und 730 MW in weiteren Ländern des Sonnengürtels [1]. Der fehlende Heimatmarkt von solarthermischen Kraftwerken in Deutschland, von dem die Wind- und Photovoltaik-Industrie profitiert, ist sicherlich einer der Gründe für den Verlust an Marktanteilen.

Der Unterschied zur Photovoltaik

Markt und Technik der solarthermischen Kraftwerke unterscheiden sich deutlich von denen der Photovoltaik (PV). Letztere besteht im Wesentlichen aus den beiden Komponenten PV-Modul und Wechselrichter, wobei das PV-Modul über eine relativ kleine Leistung verfügt. Große Gesamtleistungen werden erst über die Verschaltung vieler dieser Elemente ermöglicht, entweder dezentral in einzelnen Kleinkraftwerken – ty-

pischerweise auf Dachflächen verteilt – oder zentral als Großkraftwerk auf der grünen Wiese. Das technische Risiko liegt aufgrund dieser Modularität fast ausschließlich bei der Einzelkomponente selbst.

Errichter von PV-Anlagen beziehen ihre Komponenten über einen hart umkämpften Komponentenmarkt. Der hier vorherrschende Wettbewerb führte zu niedrigen Preisen und hohen Qualitätsstandards. Die Einfachheit des Systems erlaubt außerdem sehr kurze Installationszeiten. Strom liefern die Systeme jedoch nur bei Sonnenschein, eine Möglichkeit, die Energie kostengünstig zwischenspeichern, gibt es derzeit aber nicht. Die Kosten für PV-Module und Wechselrichter sind in den letzten drei Jahren durch den durch Überkapazitäten und versteckten Subventionen geprägten, für deutsche Unternehmen zum Teil ruinösen, Wettbewerb um mehr als 50 % gesunken und liegen heute an gleichen Standorten 20-30 % unterhalb der Kosten für solarthermischen Systeme.

Solarthermische Kraftwerke hingegen sind eher mit konventionellen Kraftwerken vergleichbar. Lediglich der fossil befeuerte Kessel wird durch einen „Solaren Dampferzeuger“ ersetzt. Zudem kann ein thermischer Speichertank hinzugefügt werden, um den Betrieb während der Nacht oder bei Wolkenbruch zu gewährleisten. Im Gegensatz zur PV liegt das technische Risiko wie beim konventionellen Kraftwerk sehr viel mehr auf der Seite der Systemintegration. Selbst perfekte Komponenten können falsch integriert zu Leistungseinbußen oder gar zu Beschädigungen des Kraftwerks führen.

Die hohe Anforderung an die Systemintegration ist gleichbedeutend mit einem hohen finanziellen Risiko. Es gibt zurzeit jedoch noch relativ wenige Systemintegratoren, die in der Lage sind, für die großen Investitionen von vielen 100 Mio. € auch eine Gewährleistung zu geben. Dies ist einer der Gründe dafür, warum es hier bislang eine geringere Dynamik bei der Preisentwicklung gab als bei der PV.

Thermische Energiespeicher, die in die solarthermischen Kraftwerke integriert werden können, sorgen dafür, dass der Solarstrom nicht nur bei Sonnenschein zur Verfügung steht. Die integrierten Speicher bewirken, dass der Strom – wie in einem konventionellen Kraftwerk – dann erzeugt wird, wenn er auch gebraucht wird. Weitere Funktionen zur Erhaltung der Netzstabilität, also Regelreserve, Blindleistung, sowie wenn gewünscht auch Kurzschluss- oder Schwarzstartfähigkeiten, sind dadurch ebenfalls realisierbar.

Warum Wärme speichern und nicht Strom?

Um zu verstehen, warum es so viel günstiger ist, Wärme statt Strom zu speichern, muss man sich klar machen, dass die Kosten eines Energiespeichers nicht nur durch seine Investitionen, sondern auch durch seine Effizienz bestimmt werden. Pumpspeicherkraftwerke, die heute zu den günstigsten Speichertechnologien für Elektrizität gehören, verlieren etwa 25 % der aufgenommenen elektrischen Energie beim Entladen. Diese Verluste müssen durch die Erhöhung der Erzeugungskapazität kompensiert werden, was zu Zusatzkosten führt.

Bei thermischen Energiespeichern ist das anders, da sie aufgrund ihrer enormen

Größe im Durchschnitt weniger als 5 % der Energie verlieren. Durch Hinzufügen eines thermischen Speichers zu einem solarthermischen Kraftwerk kann außerdem die Betriebszeit der Anlage verlängert werden, wenn gleichzeitig das Solarfeld vergrößert wird. Die dadurch zusätzlich eingesammelte Solarenergie kann dann zwischengespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die Sonne nicht mehr scheint, im Kraftwerk eingesetzt werden.

Mehr Betriebszeit mit demselben Kraftwerksblock führt aber zu einer besseren Auslastung dieser Investition. Damit sind solarthermische Kraftwerke mit thermischem Speicher nicht nur flexibler, sondern auch häufig sogar günstiger als ohne. Selbst ein 24 h-Grundlastbetrieb konnte mit diesen Systemen nachgewiesen werden. Das Bereithalten einer geringen fossilen Zufeuerung (<10 %) für lange Schlechtwetterperioden führt zu gleichen Verfügbarkeiten wie bei konventionellen Kraftwerken und ersetzt damit konventionelle „Schattenkraftwerke“ vollständig.

Der Wert der Flexibilität

Die Möglichkeit des flexiblen Betriebs stellt grundsätzlich einen Mehrwert für das Energiesystem dar. Sein monetärer Wert hängt jedoch sowohl vom Gesamtenergiesystem als auch vom Vergütungsmodell ab. In einem für alle Energieträger offenen Spotmarkt steigen der Bedarf und der Preis für hochflexible Kraftwerksleistung mit wachsendem Anteil an volatiler Einspeisung, während der Preis für den Strom zu Zeiten eines Überangebots (wenn der Wind weht oder die Sonne scheint) entsprechend sinkt. Im aktuellen System in Deutschland, das durch die Einspeisepriorität bei den erneuerbaren Energien und eine feste, zeitlich unabhängige Vergütung für erneuerbaren Strom geprägt ist, wird der Ausbau der volatilen Anteile jedoch nicht durch Marktmechanismen (nämlich sinkende Vergütungen bei Überangebot) begrenzt, sondern er verläuft weitgehend ungesteuert und ist stattdessen abhängig von den durch das EEG garantieren Renditeerwartungen.

Bei wachsender volatiler und dezentraler Einspeisung ist der in Deutschland vorhandene Kraftwerkspark technisch gesehen kaum

dafür geeignet, die gleiche Netzstabilisierung zu leisten wie bisher. Die durch die erneuerbare Energie bereitgestellte Strommenge reduziert auch den durch die fossilen Kraftwerke noch abzudeckenden Strombedarf, so dass die Erlöse für die konventionellen Kraftwerksbetreiber sinken. In einer solchen Situation sind Investitionen in neue und flexible Kraftwerke, die immer bereitstehen müssen, falls Flauten oder Wolken drohen, aber in der Summe nur wenige 100 h zur Stabilisierung der Netze betrieben werden, häufig unrentabel. Um die Netzstabilität trotzdem gewährleisten zu können, droht daher ein Subventionsbedarf auch für diese Kraftwerke.

Der weitere Ausbau von elektrischen Speichertechniken und die Schaffung einer großräumigen Vernetzung als Voraussetzungen für einen überregionalen Ausgleich könnte weiterhin zur Netzstabilisierung beitragen. Diese wird in so einem Modell aber ebenfalls von öffentlichen Subventionen abhängen. Sinnvoller wäre es allerdings, ein neues Vergütungsmodell zu entwickeln, das den Ausbau einzelner Technologien nicht mehr unabhängig voneinander fördert, sondern auf eine kostengünstige Gesamtlösung mit geringer CO₂-Emission und hoher Versorgungssicherheit abzielt.

Neue Märkte und die Solarthermie

In vielen Ländern im Sonnengürtel der Erde, die sich inzwischen für den Ausbau der erneuerbaren Energien entschieden haben, hat man offenbar verstanden, dass es auch kostengünstigere Ansätze für eine Energiewende als die in Deutschland hauptsächlich genutzten gibt. Anders ist es kaum zu erklären, dass Länder wie China, Indien, Südafrika, einige MENA-Staaten und die USA konkrete Planungen von solarthermischen Kraftwerken über weitere 18 GW bis 2020 entwickelt haben, um ihre häufig noch sehr viel ehrgeizigeren Pläne für Wind und PV zu vervollständigen. 800 MW davon sind davon bereits im Bau. Weitere Länder stehen in den Startlöchern. So hat Saudi-Arabien gerade erst seinen Plan von über 25 GW an solarthermischen Kraftwerken angekündigt und eine erste Ausschreibung veröffentlicht.

Detaillierte Netzstudien des amerikanischen Energieforschungszentrums NREL [3] zei-

gen, dass die Kombination von PV mit solarthermischen Kraftwerken einen sehr viel höheren Anteil an erneuerbaren Energien im kalifornischen Netz ermöglicht als PV allein. Neben der Möglichkeit, mit solarthermischen Kraftwerken ihre meist schwachen Netze gegen die volatile Einspeisung stabilisieren zu können, ergibt sich auch noch ein zweiter Vorteil. Die technischen Komponenten sind weniger komplex, sodass ein wesentlicher Teil der Wertschöpfung auf die Baustelle entfällt. Daher ist der Anteil der sich an lokaler Wertschöpfung, und damit an Arbeitsplätzen, realisieren lässt, deutlich höher als bei der PV.

Auch die Möglichkeit, selbst technische Innovationen zu entwickeln, erscheint vielen Ländern bei dieser jungen und relativ einfachen Technologie attraktiver als bei der PV. Schon jetzt zeigen sich die Auswirkungen des aufkommenden internationalen Wettbewerbs auf die Preise. Während in Spanien seit 2007 im Rahmen der Einspeisevergütung 28 €/kWh vergütet wurden, haben Generalunternehmer aus Saudi-Arabien zusammen mit spanischen Firmen jetzt in Marokko Strom aus solarthermischen Kraftwerken für unter 15 €/kWh angeboten.

Der marokkanische Energieversorger OME vergütet dafür allerdings nur 12 €/kWh, die Differenz von knapp 3 €/kWh zahlt der Staat als Beitrag zur Einführung der erneuerbaren Energien. PV-Systeme werden in Marokko zwar für nur 12 €/kWh angeboten, allerdings zahlt OME für den volatilen PV-Strom lediglich 8 €/kWh, so dass hier sogar ein noch größerer Subventionsbedarf besteht.

Eine langfristige strategische Entscheidung über den Energiemix zwischen PV, Wind und Solarthermie sollte allerdings nicht auf der Basis einer Momentaufnahme des heutigen Subventionsbedarfs getroffen werden, denn alle Technologien haben noch Potenzial, die volle Wettbewerbsfähigkeit zu erreichen. Insbesondere die solarthermischen Kraftwerke stehen mit ihren 3 GW installierter Kapazität im Vergleich zu 100 GW PV noch ganz am Anfang der Lernkurve. Das neu gegründete Netzwerk mit dem Namen „Deutsche CSP“, dem 35 Unternehmen der Branche angehören, will die Kräfte und deutschen Interessen bündeln und durch gemeinsame Forschung

und Entwicklung die Effizienz der Technologie steigern sowie die Kosten für die Stromgestehung weiter senken.

Bedeutung für die Energiewende in Deutschland

Schon 2006 hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Rahmen seiner TRANS-CSP-Studie untersucht, inwieweit auch die deutsche Energieversorgung mittelfristig von Solarstromimporten aus dem Süden profitieren kann [4]. Wesentliches Ergebnis war, dass die hohe Einstrahlung in Nordafrika die Mehrkosten für den Transport über neu zu errichtende Hochspannungsgleichstromleitungen mehr als kompensiert. Fünf neue Hochspannungsleitungen von Afrika nach Deutschland, die in Zukunft solarthermischen Strom aus der Wüste dort einspeisen, wo heute noch Kern- und Braunkohlekraftwerke betrieben werden, würden bis 2050 15 % der Energieversorgung bereitstellen können. Dies reicht zusammen mit der Regenergie aus Wasserkraft, Geothermie und Biomasseanlagen aus, um die volatile Einspeisung von Wind und PV ausgleichen zu können. Es kämen dann 90 % des Strombedarfs aus erneuerbaren Ressourcen und gleichzeitig würde die Energieimportabhängigkeit deutlich reduziert [5].

Diese Ergebnisse waren die Basis für die DESERTEC-Initiative und ihren Ableger dii, die nun seit einigen Jahren versuchen, dieses Konzept industriell umzusetzen. Neben allerlei administrativen und juristischen Fragen, die zu klären sind, wenn man Strom von Marokko nach Deutschland exportieren und dabei durch Spanien und Frankreich leiten will, stellt sich vor allem die Frage, wer die Zusatzkosten für den erneuerbaren Importstrom bezahlt, die während der Markteinführungsphase der Technik ebenso anfallen werden wie für den heimischen Wind- und PV-Strom. Anders als für heimische erneuerbare Energie gilt das deutsche Einspeisegesetz und damit eine langfristig abgesicherte Vergütung sowie eine Einspeisepriorität nicht für Importstrom.

Pragmatische Politik gefragt

Die Politik schreckt jedoch bislang davor zurück, dies zu ändern, da sie dadurch weite-

re Kosten auf die Stromkunden zukommen sieht und zudem erheblichen Widerstand der heimischen Wind- und PV-Branche fürchtet. Dabei könnte der Subventionsbedarf für die Energiewende sogar sinken, wie die jüngste Studie der dii zeigt [6]; nämlich dann, wenn der Ausbau des Gesamtsystems kostenmäßig auch im Hinblick auf die Versorgungssicherheit optimiert würde und man nicht nur Zubaukapazitäten einzelner Technologien definiert, wie erst kürzlich mit der Festlegung von 52 GW bei der PV geschehen.

Eine Überarbeitung der Förderinstrumente, die die Marktkräfte mobilisieren um einen Energiemix zu erreichen, der nicht nur CO₂-arm ist, sondern auch Netzstabilität garantiert, erscheint dringend erforderlich. Dies könnte dann auch eine Marktperspektive für den erneuerbaren Stromimport und nicht zuletzt einen „virtuellen“ Heimatmarkt für solarthermische Kraftwerke eröffnen, der der Industrie heute fehlt. Diese wären dann, obwohl sie selbst nicht in Deutschland stehen, ein wichtiger Baustein für eine bezahlbare Energiewende.

Quellen

- [1] CSP Markets Report 2012-13, CSP-Today, www.csp-today.de
- [2] Präsentiert von Abengoa auf der Konferenz CSP TODAY USA 2012 in Las Vegas, 27-28.6.2012.
- [3] Denholm, P.; Mehos, M.: Enabling Greater Penetration of Solar Power via the Use of CSP with Thermal Energy Storage, Technical Report NREL/TP-6A20-52978, 11/2011, abrufbar unter: <http://www.nrel.gov/csp/pdfs/52978.pdf>
- [4] Trieb, F.; Schillings, C. et al: Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power. German Aerospace Center (DLR), German Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Juni 2006, abrufbar unter: www.dlr.de/tt/trans-csp
- [5] Trieb, F.; Schillings, C.; Pregger, T.; O'Sullivan, M.: Solar electricity imports from the Middle East and North Africa to Europe. Energy Policy 42 (2012), S. 341-353.
- [6] DiI GmbH: 2050 Desert Power, Perspectives on a Sustainable Power System for EUMENA, München 2012, abrufbar unter: http://www.trec-uk.org.uk/reports/DII/DPP_2050_Study.pdf

*R. Pitz-Paal, Direktor, Institut für Solarforschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e. V., Köln
robert.pitz-paal@dlr.de*

Bioenergie – eine nachhaltige Option für Deutschland?

Bernhard Schink

Biogas, Biodiesel und Bioethanol haben in den letzten Jahren einen großen Boom erlebt. Ein kritischer Blick auf die Klimabilanz, die Flächeneffizienz und die Auswirkungen auf die Ökosysteme zeigt jedoch, dass eine Neubewertung der Bioenergie und ihrer Förderung notwendig ist. Zu diesem Ergebnis kommt die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina in ihrer Stellungnahme „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“.

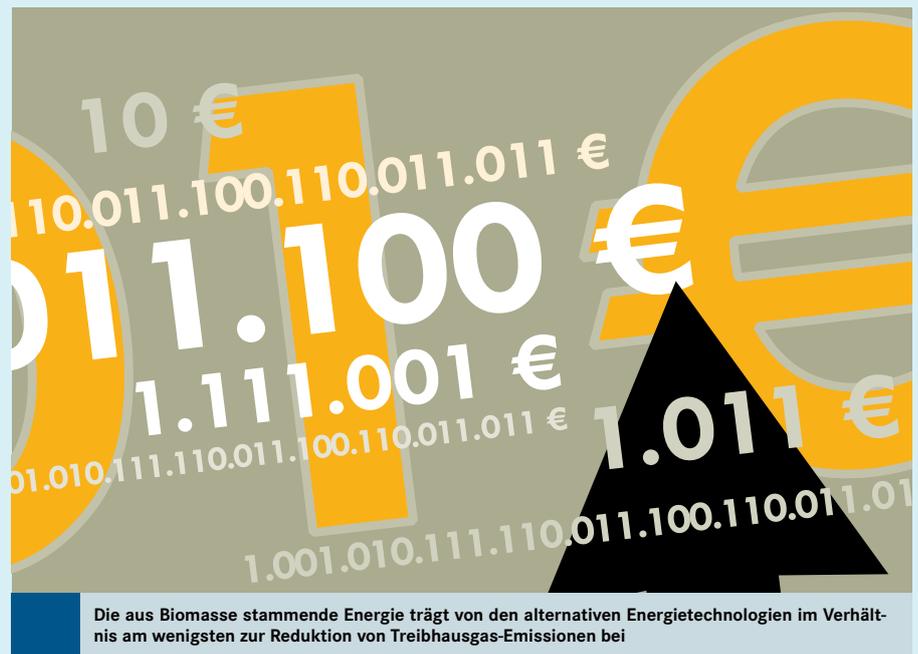
Unter Klimagesichtspunkten ist Bioenergie auf den ersten Blick eine kohlenstoff-neutrale Energie. Pflanzen nehmen aus der Luft CO₂ auf und verarbeiten dieses zu Biomasse. Bei der anschließenden Verbrennung wird nicht mehr CO₂ abgegeben, als zuvor von der Pflanze aus der Atmosphäre aufgenommen wurde. Bioenergie als klimaneutrale Energieform – diese Einschätzung hat dazu geführt, dass Bioenergie im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes gefördert wird, um die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu erreichen.

Eine Folge davon ist, dass in manchen Regionen in Deutschland wie z. B. Niederbayern, im Oberrheintal oder in Niedersachsen auf den Äckern überwiegend Mais als Rohstoff für die Biogasgewinnung angebaut wird. Auf der Bioenergie ruhen jedoch noch größere Hoffnungen.

Der BioÖkonomieRat, der die Bundesregierung berät, diskutiert in seinem aktuellen Gutachten Szenarien, wonach der Anteil der Bioenergie in den kommenden Jahrzehnten auf 23 % an der verbrauchten Energie ansteigen könnte [1]. Eine Analyse der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zeigt jedoch, dass intensive Landwirtschaft zur Bereitstellung von Bioenergie in beträchtlichem Ausmaß zur Freisetzung von klimawirksamen Gasen führt [2].

Emissionen der Landwirtschaft werden klimapolitisch nicht berücksichtigt

Der Kohlenstoff-Kreislauf ist eng verbunden mit den Nährstoff-Kreisläufen von Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Metallen und Wasser, die neben Kohlenstoff ebenfalls Bestandteile von Biomasse und für deren Aufbau durch Photosynthese nötig sind. Sobald pflanzliche Biomasse erzeugt wird, sind diese Nährstoffe notwendig. Wann immer Biomasse



wiederkehrend aus einem Ökosystem entfernt oder deren Bildung durch menschliche Eingriffe beschleunigt wird, müssen diese Nährstoffe durch Düngung nachgeliefert werden.

Bei der Düngung werden jedoch Treibhausgase (THG) wie Stickoxide (N₂O) oder Methan (CH₄) freigesetzt. Dabei hat N₂O ein ungefähr 300-fach und CH₄ ein ungefähr 25-fach höheres THG-Potenzial als CO₂ (bezogen auf eine Zeitspanne von 100 Jahren). Intensive Landwirtschaft ist also fast immer mit der direkten Emission von THG als Folge von Düngung und Nutztierhaltung verbunden.

Die schlechte Klimabilanz von Bioenergie beginnt jedoch oft schon vor der eigentlichen Erzeugung von Biomasse. Bei der Umwandlung von Grünland in Ackerland werden große Mengen an CO₂ freigesetzt, das vorher im Boden gespeichert war (iLUC – indirect Land Use Change). Tatsächlich trägt von den alternativen Energietechnolo-

gien die aus Biomasse stammende Energie im Verhältnis am wenigsten zur Reduktion von THG-Emissionen bei (siehe Tabelle).

Geringe Effizienz

Die Photosynthese der Pflanzen ist vom Standpunkt der Energiekonservierung her gesehen ein sehr ineffizienter Prozess. Von der durch die Sonne eingestrahlten Energie wird von der Pflanze nur etwa 1 % in Form von Biomasse festgelegt. Bei einer Bewertung der Klimabilanz müssen jedoch auch die CO₂-Kosten berücksichtigt werden, die in den Umwandlungsprozessen entstehen.

Der unbestrittene Vorteil der Bioenergie – ihre Speicherbarkeit – ist jedoch teuer erkaufte. So gehen bspw. in der Nettobilanz 80 % der in der Biomasse gespeicherten Energie verloren, wenn man den in der Biomasse enthaltenen Zucker zu Bioethanol vergärt und diesen anschließend destilliert, um ein brennbares Produkt zu erhalten.

Es besteht kein Zweifel, dass es effizientere Technologien gibt, um Sonnenenergie einzufangen, z. B. direkt über Photovoltaik-Module und Solarthermie-Kollektoren oder indirekt über Windkraftanlagen, die die Erwärmung der Luft durch Sonneneinstrahlungen ausnutzen. Die Flächeneffizienz (Watt pro Quadratmeter) ist bei Bioenergie (0,3) sehr viel geringer als bei Photovoltaik (10) oder Windenergie (2-3). Verglichen mit anderen erneuerbaren Energien verschlingt der Anbau von Bioenergie große Flächen (vgl. Tabelle).

Photovoltaik und Windenergie benötigen zudem sehr viel geringere Investitionen an fossilen Brennstoffen als die landwirtschaftliche Produktion von Biomasse: der sog. *Energy Return on Investment* (gewonnene Energie geteilt durch investierte fossile Energie; EROI) beträgt bei Photovoltaik-Modulen bezogen auf die Elektrizität ungefähr 7 und bei Windturbinen ungefähr 18, wogegen die Nutzung von Biomasse mit einem EROI von meist kleiner als 3 stark abfällt (siehe Tabelle).

An dieser Stelle muss jedoch noch angemerkt werden, dass Technologien mit einem hohen EROI nicht notwendigerweise einen Anwendungsvorteil haben müssen, da auch die finanziellen Herstellungskosten zu berücksichtigen sind. Die hohen Herstellungskosten bei der Photovoltaik sind ein großes Problem. Hier muss es das Ziel sein, durch Forschungsanstrengungen zu preiswerten Modulen zu gelangen.

Biomasse ist begrenzt

Biomasse als nachhaltige Energiequelle ist sowohl in Deutschland als auch global begrenzt. Ein Vergleich zum Musterland Brasilien macht dies deutlich.

In Brasilien hat Bioethanol aus Zuckerrohr einen signifikanten Anteil an der Bereitstellung von Bioenergie. Die Rahmendaten beider Länder sind jedoch völlig unterschiedlich. Während die Bevölkerungsdichte in Brasilien 22 Personen pro km² beträgt, liegt sie in Deutschland bei 230 Personen pro km². Der Primär-Energieverbrauch pro Person in Brasilien beträgt nur ein Drittel von dem in Deutschland. Die Netto-Primär-Produktion von Biomasse (die Menge von unter- und oberirdischer Biomasse, die pro Jahr gebildet wird) ist in Brasilien aufgrund des tropischen

Tab.: Energieertrag und Flächeneffizienz für verschiedene Formen der Energiebereitstellung

	Energieertrag (EROI)*	Flächeneffizienz (Watt pro m ²) (Jahresmittelwert)
Feuerholz (Deutschland)	10	< 0,2
Biodiesel aus Raps (Deutschland)	< 2	< 0,2
Bioethanol aus Mais (USA)	1,5	< 0,3
Bioethanol aus Zuckerrüben (Deutschland)	3,5	< 0,4
Bioethanol aus Zuckerrohr (Brasilien)	8	< 0,5
Bioethanol aus Triticale/Mais (Deutschland) (kombinierte Produktion)	8	< 0,3
Bioethanol, Methan und Elektrizität aus Lignozellulose	3	< 0,5
Bioethanol aus Rutenhirse (USA)	5,4	< 0,2
Bio-Butanol	< 1	
Biodiesel aus Algen	< 1	
Biogas aus Mais-Silage (Deutschland)	4,8	< 1,1
Biogas aus Mais-Silage (Deutschland) (Elektrizität)	1,4	< 0,4
Photovoltaik (Deutschland) (Elektrizität)	7	> 5
Photovoltaik (Brasilien) (Elektrizität)		> 10
Windenergie (Deutschland) (Elektrizität)	18	2-3
Kernkraft (Elektrizität)	10-20	
Wasserkraft (Elektrizität)	100	

* Anmerkung: Der Energieertrag (EROI, Energy return on investment) berechnet sich aus dem Quotienten von gewonnener Energie und investierter fossiler Energie. Die investierte fossile Energie beinhaltet Energie für Landwirtschaft, für die Erzeugung von Düngemitteln, Aussaat, Ernte und die Umwandlung von Biomasse in Gas, Ethanol oder Diesel. Die aufgelisteten Werte sind die höchsten in der Literatur gefundenen Zahlen. Erläuterungen zu den einzelnen Werten finden sich auf Seite 20 der englisch-sprachigen Langfassung „Bioenergy: Chances and Limits“.

Klimas doppelt so hoch wie in Deutschland. Dennoch wird dort nur 30 % des primären Energieverbrauchs durch Bioenergie gedeckt.

Im Jahr 2010 betrug der Anteil der Bioenergie am Primärenergieverbrauch in Deutschland ungefähr 7 %. Dieser Anteil konnte jedoch nur durch Biomasse-Importe erreicht werden. Ohne Importe (vor allem Futtermittel) hätten nicht mehr als 3 % des Primärenergieverbrauchs durch in Deutschland gewachsene Biomasse gedeckt werden können.

Ökologische Risiken

Die Böden in Deutschland sind die Basis für die Ernährung und die landwirtschaftliche Produktion. Drüber hinaus haben sie jedoch weitere vielfältige und wichtige Funktionen. Böden filtern und speichern Wasser, entschärfen durch Umwandlung Nitrate, sie bilden ein Nährstoff-Reservoir und speichern Kohlenstoff. Funktionierende Böden sind die Basis für die oberirdische biologische Viel-

falt, die wiederum unzählige sog. Ökosystem-Services für den Menschen bereitstellt.

Die Folgen einer für die Bioenergie-Bereitstellung ausgeweiteten landwirtschaftlichen Produktion sind erhebliche ökologische Schäden. Die Flora und Fauna in Landschaften mit großflächigem Mais- oder Zuckerrübenanbau ist verarmt. Dies hat zum Teil auch Konsequenzen für die Landwirtschaft. Der Rückgang von Insekten ist z. B. beim Anbau von Gemüse- oder Obstsorten bemerkbar, die auf Bestäuber angewiesen sind. Landschaften mit hohem Ackeranteil oder Monokulturen führen zu reduzierten Bestäubungsraten.

Intensiver Maisanbau beeinträchtigt auch die Wasserqualität. In Gegenden mit intensivem Maisanbau ist die Nitratbelastung des Wassers oft bedenklich hoch. Nicht zuletzt haben Landschaften mit ausgedehnten Monokulturen einen niedrigeren Erholungswert für den Menschen.

Dies sind Folgen, die im Allgemeinen auch mit der intensiven Landwirtschaft für die Lebensmittelproduktion einhergehen. Es stellt sich jedoch die Frage, ob diese Beanspruchung von Böden und Natur ihre Berechtigung hat, wenn durch die Nutzung von Bioenergie die ursprünglichen Ziele, klimaschonend Energie bereitzustellen, nicht erreicht werden. Die Bioenergie hat in Deutschland außerdem in manchen Regionen zu einer starken Konkurrenz um landwirtschaftliche Flächen geführt, bei der kleine landwirtschaftliche Betriebe, die Viehfutter produzieren, oft das Nachsehen haben.

Stärkere Nutzung von Biomasseabfällen

Nach Abwägung aller Argumente für und wider kommt die Nationale Akademie der Wissenschaften in ihrer Stellungnahme zu dem Ergebnis, dass der weitere Ausbau der Bioenergie in Deutschland nicht zu empfehlen ist.

Eine Bioenergienutzung ist in dezentraler Organisationsform mit Biogasreaktoren allein oder in kombinierten Anlagen, die Ethanol und Biogas produzieren, in begrenztem Umfang denkbar. Die Verwendung von Biomasse-Abfällen wie Gülle und Nahrungsmittelresten und Abfallstoffen als Energiequelle zur Herstellung von Biogas oder Biosprit ist sinnvoll. Allerdings können mit Abfällen nur wenige Prozent des deutschen Primärenergieverbrauchs gedeckt werden.

Eine Steigerung könnte möglich werden, wenn Technologien anwendbar sind, mit denen die verholzten Teile der Pflanze (z. B. Lignocellulose aus Stängeln oder Blättern) genutzt werden könnten. Diese sog. second-generation biofuels würden die energetische Ausnutzung von den Teilen der Pflanze ermöglichen, die für die Nahrungs- oder Futtermittelproduktion nicht genutzt werden. Dies ist heute technisch noch nicht in größerem Umfang möglich; angesichts der geschilderten Begrenztheit der Verfügbarkeit von Biomasse wird diese alternative Technologie aber auch nur eine graduelle Erweiterung der Biomassennutzung ermöglichen können.

Aktuelle Analysen zur Bioenergie ziehen zum Teil noch kritischere Bilanzen als die Stellungnahme der Leopoldina. Das Umweltbundesamt forderte in einer im Oktober 2012 veröffentlichten Studie, mittel- bis langfristig auf Bioenergie zu verzichten [3]. Auch das in London ansässige Institute for European Environmental Policy fordert die Einbeziehung umfassender Lebenszyklusanalysen, die alle Emissionen von der Bereitstellung von Flächen bis zur Umwandlung von Biomasse berücksichtigen. Auch diese Studie gelangt zu einer ernüchternden Bilanz und fordert eine Neubewertung der Bioenergie [4].

In der EU-Kommission in Brüssel wurde mit der angekündigten Korrektur der E10-Strategie ein erster Schritt in die richtige Rich-

tung unternommen. Um die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu erreichen und die Emission von Treibhausgasen zu reduzieren, sollte auch die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept entsprechende Korrekturen vornehmen.

Quellen

- [1] BioÖkonomieRat: Nachhaltige Nutzung von Bioenergie. München, 2012.
- [2] Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina: Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen. Halle, 2012.
- [3] Umweltbundesamt: Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Dessau-Roßlau, 2012.
- [4] Bowyer, C., Baldock, D., Kretschmer, B. & Polakova, J.: The GHG emissions intensity of bioenergy: Does bioenergy have a role to play in reducing GHG emissions of Europe's economy? Institute for European Environmental Policy (IEEP): London, 2012.

Prof. Dr. Bernhard Schink, Universität Konstanz
christian.anton@leopoldina.org

Die Stellungnahme der Leopoldina kann unter www.leopoldina.org heruntergeladen oder bei der Leopoldina (annett.buerger@leopoldina.org) kostenlos bestellt werden. Sie liegt in einer deutsch-englischen Kurzfassung und einer ausführlichen Fassung vor.

Erste Jahresprognose 2012: Energieverbrauch stagniert

Der Energieverbrauch in Deutschland stagniert. In den ersten neun Monaten des laufenden Jahres lag der Verbrauch an Primärenergie mit 338 Mio. t SKE nur marginal über dem Wert des Vorjahreszeitraumes. Wie die AG Energiebilanzen auf Basis vorläufiger Berechnungen ermittelte, wurden die verbrauchssteigernden Effekte der kühleren Witterung und des leichten Wirtschaftswachstums sowie der diesjährige Schalttag offenbar durch verbrauchsdämpfende Faktoren wie Energieeffizienzsteigerungen und die statistischen Effekte des Kernenergieausstiegs weitgehend wieder ausgeglichen. Die von der AG Energiebilanzen auf Basis des Verbrauchs der ersten neun Monate erstellte Jahresprognose geht davon aus, dass der Energieverbrauch in Deutschland 2012 gegenüber 2011 weitgehend unverändert bleiben wird. Nur ein starker und andauernder Kälteeinbruch könnte noch zu einer erheblich abweichenden Entwicklung führen.

Während der Mineralöl- und der Erdgasverbrauch weiter absank, erhöhte sich der Verbrauch von Steinkohle um über 3 %, der von Braunkohle stieg

sogar um 6 %. Die verstärkte Kohlenutzung findet vor allem in Kraftwerken zur Strom- und Wärmeenergieerzeugung statt. Am Jahresende ist davon auszugehen, dass durch vom Netz gehende Altanlagen der Anteil der Kohle an der Energieerzeugung wieder sinken wird. Die Kernenergie verringerte ihren Beitrag zur Energiebilanz im Zuge des Ausstiegsbeschlusses um knapp 13 %.

Dagegen verzeichnet die Nutzung erneuerbarer Energien weiterhin einen steilen Aufwärtstrend. Sie erhöhte sich insgesamt um über 9 %, wobei sich die Photovoltaik mit einer Steigerung um 50 % besonders hervortat, gefolgt von der Wasserkraft (ohne Pumpspeicher), die sich um 16 % steigerte, sowie der Windkraft, die um 7 % zulegte. Insgesamt deckten die erneuerbaren Energien in den ersten neun Monaten mehr als 12 % des gesamten inländischen Energieverbrauchs.

Weitere Informationen unter: www.ag-energiebilanzen.de

Externe Energierechnung für die EU27

Die Kosten für Energieimporte in die EU27 werden sich ausgehend vom Jahr 2002 in diesem Jahr mehr als verdreifachen, so das Ergebnis einer aktuellen Abschätzung der Statistik der Kohlenwirtschaft. Voraussichtlich mehr als 4 % des Bruttoinlandsprodukts sind dann für Energieimporte aufzuwenden. Das ist ein beachtlicher Entzug an Kaufkraft und kann den Unterschied zwischen Wachstum und Rezession bedeuten. Der größte Anteil der EU-Energierechnung entfällt auf Mineralöl, das weit überwiegend importiert werden muss. Vergleichsweise gering ist der Anteil für die Kohlenimporte, der Aufwand im Bereich Erdgas hingegen ist deutlich gestiegen. Was kann man aus diesen Zahlen für die Energiedebatte schlussfolgern?

Zunächst ist und bleibt das Öl der Energieträger mit dem höchsten Anteil am Energieverbrauch, dem höchsten Importanteil, dem höchsten Preis und den größten geopolitischen Risiken. Diese sind seit den Ölkrisen der 70er Jahre bekannt und ein wesentliches Element der Energiepolitik seitdem war, diese Risiken zu mindern, indem der Energiemix diversifiziert wurde. Die Substitution von Öl durch Erdgas im Bereich der Raumheizungen hat in den vergangenen 40 Jahren in großem Umfang stattgefunden. Im Bereich dezentrale Wärme oder Kraft-Wärme-Kopplung bestehen jedoch noch erhebliche Potenziale. Im Verkehrsbereich dominiert Öl weiterhin und die Debatte um Biotreibstoffe ist komplex. Schwer verständlich ist, warum heute so wenig über den Einsatz von Erdgas im Mobilitätssektor gesprochen wird. Zu bedenken ist, dass der Importpreis für Erdgas bei etwa 60 % des Importrohölpreises liegt sowie die Nutzung von Erdgas als Ersatz für Benzin und Diesel darüber hinaus eine spezifische CO₂-Reduktion von rund 25 % beinhaltet.

Hohe Ölpreise führen tendenziell zu steigenden Gas-Preisen. Eine wachsende Preisdifferenz zwischen Kohle und Gas bewirkt dort, wo Wahlmöglichkeiten bestehen, beispielsweise in Deutschland oder UK, dass zur Stromerzeugung vermehrt Kohlekraftwerke eingesetzt werden. Dagegen gibt es Forderungen, die Gasverstromung aus klimapolitischen Gründen zu steigern und hierfür in das EU-ETS einzugreifen. Um einen Brennstoffwechsel auszulösen, müsste die aktuelle Preisdifferenz von Kohle und Gas in einer Größenordnung von 160 €/t SKE (1. Hj. 2012) durch eine

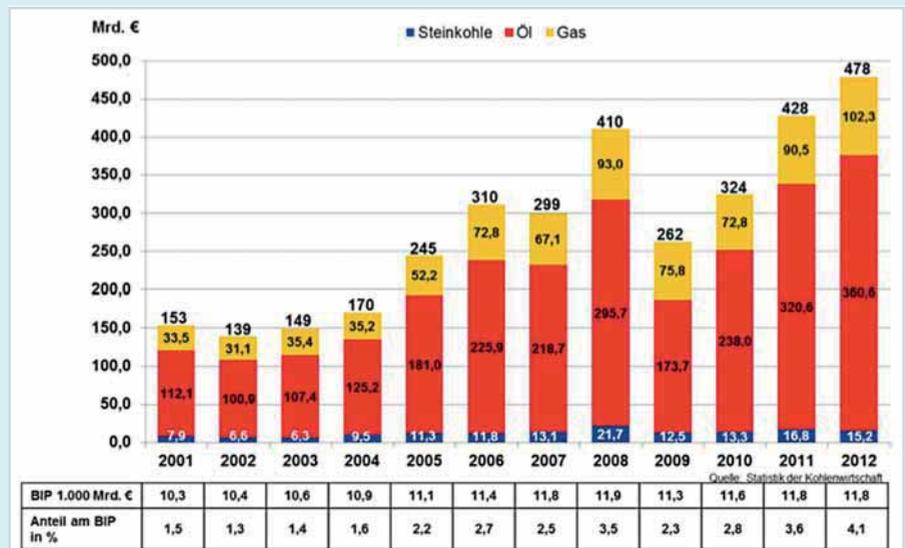


Abb. Die Energieimportkosten EU 27 Quelle für Energiepreise: Statistik der Kohlenwirtschaft

entsprechende CO₂-Komponente ausgeglichen werden. Bei Zugrundelegung eines Wirkungsgrades von 38 % bei Kohlekraftwerken und 49 % bei Gaskraftwerken wäre dafür ein CO₂-Preis von rund 58 €/t erforderlich.

Würde man durch politische Maßnahmen CO₂ soweit verknappen, dass im Stromsektor ein Brennstoffwechsel in Richtung Gas erfolgt, dann hätte dies in zweierlei Hinsicht gravierende Auswirkungen. Die Strompreise würden, getrieben durch die CO₂-Komponente, sehr deutlich ansteigen und sich auf der Großhandelsebene annähernd verdoppeln. Das würde die Verbraucher in der EU27 insgesamt mit hohen dreistelligen Milliardenbeträgen belasten. Für die

dem Emissionshandel unterliegenden oder stromintensiven Industriesektoren wären derart hohe CO₂-Kosten untragbar und müssten ausgeglichen werden. Dafür wären hohe Milliardenbeträge von der öffentlichen Hand aufzubringen.

Nur in einem wettbewerblichen Energiemix kann Europa international wettbewerbsfähige Preise für privaten und industriellen Verbrauch erreichen. Um das zu gewährleisten, muss sowohl der Gas-zu-Gas-Wettbewerb, aber insbesondere der Substitutionswettbewerb, zwischen allen für die Stromerzeugung nutzbaren Energiearten wirksam sein.

„et“-Redaktion



Den globalen Wandel interdisziplinär erforschen – 40 Jahre IIASA

Franz Lamprecht

Bei der Transformation von Energiewirtschaften in verschiedenen Ländern der Welt spielt die Wissenschaft eine herausragende Rolle. Man findet jedoch in der heutigen Wissenschaftslandschaft nicht selten in die Regierungspolitik eingebettete wissenschaftliche Institutionen und Forscher. Diese wiederum entwickeln Szenarien, die nicht untersuchen, was die politischen Zielsetzungen zu einer Problemlösung taugen, sondern auftragsgemäß, wie die auf mal mehr, mal weniger guter methodischer Basis gesetzten Ziele instrumentell erreicht werden können. Eine ggf. erforderliche Nachjustierung der Ziele bleibt dabei außen vor. Angesichts dessen sind unabhängige und interdisziplinäre Forschungseinrichtungen wie das Internationale Institut für angewandte Systemanalyse (IIASA) wichtige Inseln im Strom der Forschung.

Im Oktober 1972 traf sich ein illustrierter Kreis von Vertretern der Sowjetunion, den USA und zehn weiteren Ländern des westlichen und östlichen Blocks, um eine Urkunde zur Gründung von IIASA zu unterzeichnen. Es gibt heute 20 IIASA-Mitgliedsländer weltweit. Hauptmotivation war wohl, dass der Lösung drängender globaler Probleme das Kräftegleichgewicht des Kalten Krieges entgegenstand. Zentrale Aufgabe des Forschungsinstituts war es zunächst, eine wissenschaftliche Brückenfunktion zwischen Ost und West einzunehmen.

Nach den politischen Umbrüchen im Osten geriet diese Aufgabe in den Hintergrund und so wurde 1994 von einer Ministerkonferenz beschlossen, dass IIASA unabhängige wissenschaftliche Forschung aus einer globalen Perspektive heraus betreiben sollte. 2009 schließlich wurde vom Aufsichtsrat ein neuer Zehn-Jahre-Forschungsplan verabschiedet, dessen Schwerpunkt auf dem globalen Wandel liegt. Seitdem arbeiten die Wissenschaftler (heute 200 aus über 50 Ländern) in Laxenburg bei Wien daran, „mit Hilfe der angewandten Systemanalyse Lösungen für globale und universelle Probleme zum Wohl der Menschen, der Gesellschaft und der Umwelt zu finden, und die daraus resultierenden Erkenntnisse und Richtlinien den politischen Entscheidungsträgern zur Verfügung zu stellen“. Und das mit Bravour, bis heute sind aus dieser Wissenschaftsschmiede vier Nobelpreisträger hervorgegangen.

Heute ist IIASA in den zentralen Zukunftsfeldern wie Energie und Klimawandel, Ernährung und Wasserversorgung sowie Armut und Verteilungsgerechtigkeit tätig und



Das Internationale Institut für angewandte Systemanalyse mit Sitz in Laxenburg nahe Wien konnte Ende Oktober sein 40-jähriges Bestehen feiern
Bild: IIASA

auf diesen Gebieten weltweit anerkannt. Markenzeichen aller Forschungsanstrengungen ist Exzellenz, Interdisziplinarität und Internationalität. Zu den herausragenden Leistungen der letzten Jahrzehnte zählt vor allem die Entwicklung und permanente Verbesserung von Methodologien und Entscheidungshilfesystemen, insbesondere auch für die Energiewirtschaft.

Paradigmenwechsel: Positive „story“ statt Drohkulisse

Wissenschaft arbeitet, um sich Gehör zu verschaffen, gerne mit Drohkulissen bzw. eher negativen „stories“. Das kann auch damit zu tun haben, dass aus Sicht der Medien „only bad news“ die nötige Aufmerksamkeit beim Nutzer bekommen. Al Gores unbequeme

Wahrheiten mögen ein Beispiel hierfür sein. Das muss sich ändern. IIASA-Chef Pavel Kabat sprach auf dem Jubiläumskongress vielen Teilnehmern aus dem Herzen, indem er forderte, „positive Geschichten zu erzählen und mehr über die sich aus den Problemen der Welt ergebenden Chancen zu sprechen“. Und sein Stellvertreter Nebosja Nakicenovic legte nach: „Wir sollten nicht über die Krise der alten, sondern über die Vorteile der neuen Welt sprechen.“

Es bestand Konsens darüber, dass man Widerstände gegen Reformen am besten dadurch überwinden könnte, indem man für eine „Glaubensänderung“ bei den Menschen sorgt. Ein allgemeines Rezept gibt es dafür aber nicht. Ein konkretes Beispiel lieferte der Leiter des IIASA World Popula-

tion Programs, Wolfgang Lutz, mittels einer Analyse von 600 Bevölkerungsprognosen bis zum Jahr 2100. Diese kommen in ihrer pessimistischsten Form auf 12 Mrd. Menschen bis dorthin und gehen im Mittelwert von einem Anstieg der Weltbevölkerung auf 9 Mrd. im Jahr 2050 aus. Statt die Katastrophe einer starken Überbevölkerung an die Wand zu malen, kann man nach Lutz eine positive Geschichte daraus machen, wenn man zeigt, dass die Menschen es selbst in der Hand haben, die Zukunft zu gestalten: Bezieht man nämlich in die Prognosen den die Geburtenrate beeinflussenden Bildungsstand der Menschen (gebildete Frauen gebären weniger Kinder) ein und würden alle Nationen das Bildungsniveau stark steigern, würde die Weltbevölkerung nach der Jahrhundertmitte nur noch leicht wachsen und könnte bis 2100 sogar unter den heutigen Wert sinken.

Ein weiterer wichtiger Punkt für „good news“ ist, die Dinge auch andersherum als üblich zu sehen. Wie zum Beispiel die Generaldirektorin des Center for International Forestry Research (CIFOR) Frances Seymour, für die „die beste Sache für das Klima nicht ist, einen Baum zu pflanzen, sondern die schlechteste Sache, einen Baum zu fällen.“ Ebenso falsch, wenn auch stark verbreitet, sei es, zu glauben, dass Waldgebiete für die Ernährung geopfert werden müssen. Zielführender ist es, Wälder als wichtige Ernährungs- und Einkommensquelle zu betrachten. Eine weitere falsche Vorstellung ist, dass Armut per se zu Entwaldung führen muss. Im Gegenteil ist Entwaldung viel öfter Ursache der Armut, denn Folge.

Wissenschaftliche Unterstützung für globale Übergänge

Für die großen Transformationen – Globalisierung, Verschiebung im politischen und wirtschaftlichen Kräfteverhältnis, eskalierende Umweltprobleme und unvorhersehbare soziale Konflikte – ist, wie Nobelpreisträger Carlo Rubbia vom International Council for Science vorschlug, ein neuer Vertrag zwischen Wissenschaft und Gesellschaft erforderlich, in der die Wissenschaft eine neue Rolle insbesondere die Umwelt betreffend einnehmen sollte: „Moderne Gesellschaften müssen neue, wirtschaftliche und sichere



Pavel Kabat, Direktor und CEO, rechts: Nebosja Nakicenovic, Vizedirektor und stellvertretender CEO bei IIASA
Bild: IIASA

alternative Wege für die Energieproduktion finden und entwickeln, die auf fundierten wissenschaftlichen und technologischen Innovationen beruhen.“

IIASA-Chef Pavel Kabat unterstrich, dass interdisziplinäre Wissenschaft alleine Politiken und Lösungen für die Herausforderungen der Nachhaltigkeit nicht adäquat unterstützen kann. Und sein Stellvertreter, Nebosja Nakicenovic, machte deutlich, dass mit der jüngst erschienenen, von IIASA koordinierten Global Energy Assessment-Studie (GEA), an der 500 Wissenschaftler mitarbeiteten, die Welt in der Lage sei, die Energie für eine nachhaltige Zukunft bereitzustellen. Dies allerdings nur, wenn die Länder die richtigen Prozesse dafür beachten. So kommt es unter anderem darauf an, dass nicht nur die Angebotsseite effizienter werden, sondern auch die Nachfrage sinken muss, auch über Änderung des Lebensstils. Große Transformationen zahlen sich nicht sofort aus, sondern erzielen spürbare finanzielle Vorteile erst längerfristig. Man benötigt ein hohes Anfangsinvestment, mit dem sich unsere Kurzzeit-Entscheidungsansätze schwertun. Wir müssen allerdings in der Energiewirtschaft daran denken, so Nakicenovic weiter, dass wir dabei mehr investieren müssen, weil Energieeffizienz vor allem erfordert, Energieverbrauch durch Kapital zu ersetzen.

Der GEA zeigt, dass und wie gleichzeitig die globale Erwärmung auf 2 °C begrenzt, Luft-

qualität und Gesundheit verbessert werden und die Wirtschaft ebenfalls profitiert. Nakicenovic sieht in der „green economy“ ein ähnlich großes Wachstumspotenzial für die Wirtschaft wie in der Geschichte die Agrar- oder die industrielle Revolution.

Hoher Anspruch

Zielsetzung der IIASA-Jubiläumskonferenz war, zentrale Aspekte des wissenschaftlich basierten Politikmachens zu erörtern. Und insbesondere die Synergien zwischen Wissenschaft und Politik zu maximieren, um den Wandel zu erleichtern. Von dieser Denkfabrik sind sicherlich noch viele übergreifende konstruktive Arbeiten gerade auch zum Thema Energie im Übergang zu erwarten – interdisziplinär, praxisorientiert und unabhängig. Der eigene Anspruch ist hoch und wurde auf der Tagung von IIASA-Chef Kabat klar herausgestellt: der politischen Transformation breite wissenschaftliche Systeme zur Verfügung zu stellen, die diese dabei unterstützten, eine gerechtere und nachhaltigere Welt zu schaffen. Dafür hat das internationale Institut schon eine Menge getan, dafür muss es noch eine Menge tun, der Bedarf wird eher zunehmen als geringer werden.

*F. Lamprecht, stellv. Chefredakteur „et“, Essen
Franz.Lamprecht@etvessen.de*