

## UMWELTMEDIZIN

# Baustellen der Energiewende: Problematische Entwicklungen im Strom- bereich sowie medizinische Aspekte

Hans-Jürgen Leist, Hannover

*Nachdem im ersten Teil (Pädiatrische Allergologie 2-2015) die Grundstrukturen des Stromsystems und Probleme bei der Integration der Photovoltaik und Windenergie behandelt wurden, sollen nun weitere Baustellen und zukünftige Problembereiche der Energiewende im Stromsektor sowie Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen behandelt werden.*

## Sozio-ökonomische Aspekte der Photovoltaik (PV)

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) hat sich bei der Photovoltaik (PV) zu einer effizienten Umverteilungsmaschinerie entwickelt, von der insbesondere Eigenheimbesitzer mit PV und reiche Bundesländer wie Bayern profitieren, die viel Geld für ihre hohe PV-Kapazitäten erhalten. Die wichtige Förderung des Ausbaus der erneuerbaren Energien aus Steuermitteln wäre jedenfalls gerechter gewesen, hätte allerdings zu Subventionsstreitigkeiten mit der EU geführt. Aktuell wird über die Gerechtigkeit dieser Umverteilung im Bereich der PV-Anlagen heftig gestritten. Für manche unterscheidet sich dabei die Investition in eine PV-Anlage nicht von einer anderen Kapitalinvestition: „Auch in Zeiten konventioneller Stromerzeugung besaß der über Kapital verfügende ‚Solar-Zahnarzt‘ RWE-Aktien und profitierte von der Kapitalrendite.“ [11]. Diese Gleichsetzung hinkt jedoch insofern, da die Investition in eine Aktiengesellschaft mit einem Risiko verbunden ist (Kursverluste, Strei-

chung der Dividende) – die Etats vieler Städte in Nordrhein-Westfalen, die mittlerweile verlustreiche RWE-Aktien besitzen, sind aktuell mit dieser Entwicklung konfrontiert. Bei der Investition in eine PV-Anlage wird hingegen die Vergütung des Stroms 20 Jahre garantiert – und dies in der Regel mit einem hohen Zinssatz (bis zu 10%) in Zeiten eines absoluten Niedrigzinses bei anderen sicheren Anlageformen. Die ganze Problematik wird jedoch erst bei einem Blick in die Zukunft deutlich.

Im Allgemeinen wird es als positiv angesehen, dass die Stromerzeugung nun zunehmend durch private Personen, wie Hausbesitzer oder Landwirte, stattfindet und nicht mehr durch große Konzerne. Es stellt sich aber die Frage, was passiert, wenn nach 20 Jahren diese hohe Rendite nicht mehr sichergestellt ist oder die Zinsen am Kapitalmarkt wieder höher sind? Schon heute zeigt sich aufgrund der reduzierten Fördersätze, dass nicht mehr die Einspeisung ins öffentliche Netz, sondern der Eigenverbrauch von Strom bevorzugt wird, da dies dann am profitabelsten ist und dem Streben nach einer gewissen Autarkie entgegenkommt. Im Endeffekt führt eine solche Entwicklung aber zu

einer Erosion des Solidarprinzips in der Stromversorgung.

Das Solidarprinzip basiert darauf, dass die Kosten des Gesamtsystems über den Kilowattstundenpreis weitgehend gleichmäßig auf alle Stromkunden verteilt werden (s. unten). Wenn Betreiber von normalen Haus-PV-Anlagen nun ihren Eigenverbrauch erhöhen, reduzieren sie ihren Beitrag an der Finanzierung des Gesamtsystems, da für diesen selbstgenutzten Strom keine EEG-Umlage und keine Netzkosten fällig werden [vgl. [3]]. Summa summarum betragen diese ersparten Kosten rund 50% des Strompreises bzw. derzeit rund 15 Cent/kWh. Nun könnte man Folgendes einwenden: Wer das öffentliche Stromnetz nicht bzw. weniger nutzt, braucht dafür ja auch nicht zu zahlen. Das Problem besteht aber darin, dass die Betreiber von PV-Anlagen im Winter, dann wenn der Strombedarf am höchsten ist und ihre Anlagen so gut wie keinen Strom liefern, auch aus dem öffentlichen Netz versorgt werden wollen.

Die sozio-ökonomischen Aspekte der Windenergie oder anderer erneuerbarer Energiequellen werden hier aus Platzgründen bewusst nicht behandelt, müssen aber in der Gesamtbewertung des

1 Die Verfasser zeigen auf, welche weiteren Strompreisantteile (z. B. Konzessionsabgabe) bei einem Eigenverbrauch gerechterweise ebenfalls auf den eigenverbrauchten Strom zu entrichten wären.

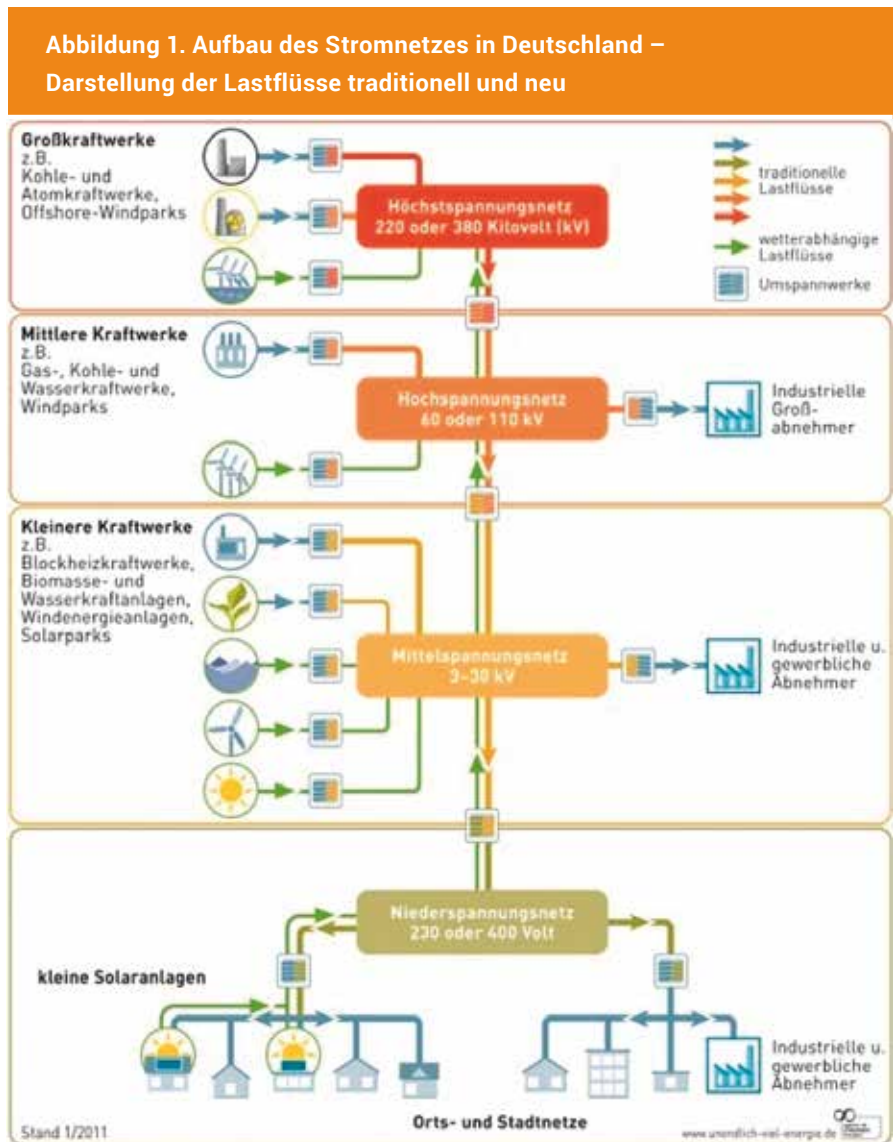
EEG genauso mitbedacht und analysiert werden, wie bei der PV geschehen.

**Der Ausbau des Stromnetzes**

Ein Kostenfaktor der Energiewende, der in Zukunft stark an Bedeutung zunehmen wird, ist der Ausbau der Stromnetze, der aufgrund mehrerer Entwicklungen erforderlich wird:

1. Traditionell wurden Kraftwerke möglichst verbrauchsnahe errichtet – auch um Netzkosten und -verluste einzusparen. Die Errichtung der Erneuerbaren orientiert sich eher an einem hohen Jahresertrag – bei der Windenergie ist der im Norden bzw. im Meer vorhanden. Da die großen Verbrauchszentren aber in der Mitte und im Süden Deutschlands liegen, sind neue Höchst- und Hochspannungstrassen erforderlich.
2. Die stark schwankenden Erzeugungskapazitäten der erneuerbaren Energien werden im Endausbau und bei entsprechender Witterung den deutschen Strombedarf um ein Mehrfaches übertreffen. Diese Überproduktion wird sich nicht allein durch Stromspeicher auffangen lassen, sondern erfordert – auch aus Kostengründen – eine möglichst hohe Ableitung in das europäische Verbundsystem.
3. Der traditionelle Stromfluss (Abb. 1) kehrt sich partiell um, da die meisten PV-Anlagen auf der Niederspannungsebene einspeisen. Auch diese Ebene muss nun ausgebaut und ertüchtigt werden, z.B. mittels regelbaren Ortsnetztransformatoren.

Die Kostenschätzungen für den Netzausbau auf allen Spannungsebenen lagen 2013 bei Investitionskosten von rund 40 bis 45 Mrd. Euro bis 2050 [29]. Neben vielen tausend Kilometern im Höchst- und Hochspannungsnetz sind, je nach Studie, im Mittel rund 100.000 km Netzausbau im Mittelspannungsnetz und rund 200.000



Quelle: [13]

km im Niederspannungsnetz geplant [12]. Da auch die Betriebskosten der Netze steigen, rechnet die Bundesnetzagentur mit einer Anhebung des spezifischen Netzentgelts für Haushaltskunden von derzeit rund 6,5 Cent/kWh auf etwa 8,0 Cent/kWh (+23%) [24].

Letztlich ist aber die Gesamthöhe der Netzausbaukosten derzeit noch nicht absehbar, da z.B. die Ausbauart – Freileitung oder Kabel – zum Teil noch unbestimmt ist. Beide Systeme haben spezielle Vor- und Nachteile in Hinblick auf die Kosten, Ausfallhäufigkeit, Lebensdauer etc. Bei

allen Systemen und bei hohen Übertragungsleistungen (3000 MW) können die Gesamtverluste dabei eine Größenordnung von rund 1200 MWh je km und Jahr (etwa 80.000 Euro je km und Jahr) erreichen [vgl. hierzu 7; die 748-seitige Studie behandelt eine Vielzahl von Aspekten]. Bei der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) sind die Netzverluste geringer, zusätzliche Verluste entstehen jedoch bei den Stromrichterstation, die an beiden Trassenenden erforderlich sind, um die Verbindung zum Wechselstromnetz sicherstellen. Anzumerken ist außerdem, dass eine derartige Punkt-zu-Punkt-Ver-

bindung im Hinblick auf die Versorgungssicherheit ein ernstzunehmendes Ausfallrisiko darstellt.

### Zusammenhänge zwischen Kosten- und Preisstruktur

Bisher wurde kaum beachtet, dass sich das Stromsystem auch im Hinblick auf die Finanzierung und die Kostenstruktur in einem grundlegenden Wandel befindet. Traditionell war das System durch einen Mix aus fixen Kosten (Kapitalkosten für den Bau der Anlagen) und variablen Kosten (v. a. für die Brennstoffe) gekennzeichnet. Die Anlagen der erneuerbaren Energien (Ausnahme: Bioenergie) sowie der Netzausbau und die zukünftigen Investitionen in Speichertechnologien beruhen hingegen vorrangig auf fixen Kostenstrukturen.

Konträr zu diesem strukturellen Wandel der Kosten ist der heutige Strompreis immer noch durch einen sehr geringen Grundpreisanteil in Höhe von rund 10% (Haushaltskunden) gekennzeichnet; dies auch, um maximale Anreize zum Einsparen von Strom zu geben. Der Wandel der Kostenstruktur verlangt nun aber dringend eine Reform des Strompreises, der in Zukunft einen wesentlich höheren fixen Preisbestandteil aufweisen sollte, der sich dabei vorrangig an der maximalen Anschlussleistung des Haushalts in den Wintermonaten orientieren sollte. Wer also Waschmaschine, Trockner und Geschirrspüler gleichzeitig laufen lassen will, müsste eine höhere und entsprechend teurere Anschlussleistung bestellen, als ein Haushalt, der diese Geräte nur nacheinander laufen lässt. Eine solche Preisstruktur – evtl. mit der Berücksichtigung eines Preisanteils, der über den Jahresbezug von Kilowattstunden abgerechnet wird – würde zu einer gerechteren Kostenverteilung beitragen und auch noch genügend Anreize zum Einsparen von Strom und von Netzausbaukosten generieren (Eine solche Forderung findet sich auch beim Sachverständigenrat für Um-

weltfragen. Den Strommarkt der Zukunft gestalten. Berlin, 2013: 63 f).

### Medizinische Aspekte der Energiewende

Im Allgemeinen stellt die Energiewende im Strombereich aus medizinischer Sicht eine sinnvolle Strategie dar (s. Einleitung des 1. Teils dieses Beitrags in der Ausgabe dieses Journals 2-2015). Allerdings ist eine (fundierte) Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen der erneuerbaren Energien derzeit nicht möglich: Bei den Erzeugungsanlagen ist noch geplant die Kapazitäten zu vervielfachen, es fehlt zudem an Langzeiterfahrungen. Der Ausbau der Stromnetze hat erst begonnen, Art und Weise sind vielfach noch offen; dies gilt auch für die „smarten“ Technologien im Bereich der Wohnungen. Die im Endzustand der Energiewende notwendigen Anlagen zur Strom- bzw. Energiespeicherung fehlen fast noch gänzlich.

### Windenergie

Die Beurteilung der Windenergie dürfte in einem hohen Maße von der Grundeinstellung gegenüber dieser Energieform, der Wohnnähe zu einer Windkraftanlage und der weiteren Entwicklung abhängig sein – bis 2050 ist in etwa eine Verdreifachung der derzeitigen Kapazitäten geplant. Die neuen Anlagen sind zwar leistungsstärker, sie sind dann aber auch höher und zudem mit einer auffälligeren Kennzeichnung sowie einer Nachtbefeuerng ausgerüstet. Im Endeffekt findet eine partielle Industrialisierung der Landschaft statt (vgl. Abb. 2), die für eine Reihe von Personen einen Stressfaktor darstellt. In einem Forschungsvorhaben zur Akzeptanz der Hinderniskennzeichnung von Windenergieanlagen wurde festgestellt, dass sich rund 16% der befragten Personen durch die aktuelle Praxis der nächtlichen Kennzeichnung durch rote Blinkfeuer auf der Mastspitze stark belästigt fühlten [vgl. hierzu [1]. Weitere Stressfaktoren wie Schlagschatten, Reflexionen, Diskoeffekte kommen hinzu. Auf die Be-

Abbildung 2. Windenergieanlagen nördlich von Husum



einträchtigung des Erholungswerts von Landschaften kann hier nur hingewiesen werden [vgl. hierzu 23].

Die gravierendsten Auswirkungen der Windenergie sind vermutlich Schallbelästigungen, v. a. im Bereich des tieffrequenten Schalls (<200 Hz) und des unhörbaren Infraschalls (<20 Hz). Dieser niedrigfrequente Schallbereich wird durch die Luft oder durch Hauswände aufgrund der langen Wellenlänge von bis rund 300 m kaum gedämpft und kann durch die moderne Bauweise – große Räume mit wenig Mobiliar und großen Fenstern – im Gebäude durch Resonanzeffekte noch intensiviert werden [vgl. 17].

Die Windkraftbefürworter berufen sich oft auf eine Studie des Landesamts für Umweltschutz Bayern aus dem Jahr 2000, bei der ein Infraschallpegel unterhalb der Hörschwelle des Menschen gemessen und deshalb als „völlig harmlos“ eingeschätzt wurde [vgl. 30]. Im Gegensatz dazu gehen Kritiker der Windkraft, die nicht generell die Windkraft ablehnen, aber ausreichende Abstände zum besiedelten Bereich fordern, davon aus, dass auch Auswirkungen unterhalb der Hörschwelle vorhanden sind. Nach ihrer Ansicht werden diese v. a. durch die zunehmende Anlagengröße verursacht; hier erreicht die Rotorspitze eine Geschwindigkeit von rund 400 km/h [2]. Das Robert Koch-Institut kommt nach einer

umfangreichen Behandlung der Problematik zu der Erkenntnis: „Es muss insgesamt ein deutlicher Mangel an umweltmedizinisch orientierten wissenschaftlichen Studien zu tieffrequentem Schall konstatiert werden. Im Vergleich zum normalen Hörbereich liegen nur wenige gesicherte Erkenntnisse über Auftreten und Wirkung von tieffrequentem Schall vor.“ [10]. In Dänemark wurde zu dieser Thematik ein groß angelegte Studie initiiert, deren Ergebnisse 2017 zu erwarten sind [20].

### Photovoltaik

Eine Bewertung ist auch hier mit dem Problem konfrontiert, dass viele dieser Systeme erst einige Jahre in Betrieb sind und bestimmte Systemkomponenten erst allmählich genutzt werden, wie z.B. Batteriespeicher, bei denen Sicherheitsmängel aufgedeckt worden sind (Eine Explosionsgefahr ging dabei von nichtzertifizierten, aber im Handel erhältlichen Systemen aus.) [26]. Außerdem sind seit einiger Zeit sog. Balkonmodule auf dem Markt anzutreffen, die „einfach“ über die haus- bzw. wohnungseigene Steckdose an den Stromkreis angeschlossen werden können. Auf eine dann nur mangelnde elektrische Absicherung des Stromkreises oder elektromagnetische Belastungen durch die integrierten Wechselrichter kann hier nur hingewiesen werden. Dies gilt auch für den Ausbau von vielen Niederspannungsnetzen und der entsprechenden Infrastruktur (z.B. regelbare Ortsnetztransformatoren). Eine weitere Einschränkung betrifft die mangelnden Erfahrungen über die Verarbeitung (und ein Recycling der teilweise mit Schwermetallen (v.a. Blei und Cadmium) belasteten Materialien (über die Schwermetallproblematik wurde bereits in der Pädiatrischen Allergologie, Ausgabe 4/2012, berichtet; [19]).

### Ausbau des Stromnetzes

Die von Hochspannungstrassen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder sind von vielen Parametern abhän-

gig: Stärke des übertragenen Stroms, Anordnung der Leitersysteme, Aufhängehöhe etc. [vgl. hierzu und im Folgenden 22]. Im Allgemeinen sind die elektrischen Felder unproblematischer, da sie im Gegensatz zu magnetischen Feldern durch Gebäude oder Gegenstände relativ gut abgeschirmt werden. Bei der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) treten statische Felder auf, wobei hier die Stärken der elektrischen Felder aufgrund der Bildung von mobilen Raumladungswolken ausgeprägter als bei Wechselstromtrassen sein können. Die Raumausbreitung der magnetischen Felder scheint bei der HGÜ der von Wechselstromtrassen zu entsprechen, allerdings sind darüber nur wenige Studien vorhanden.

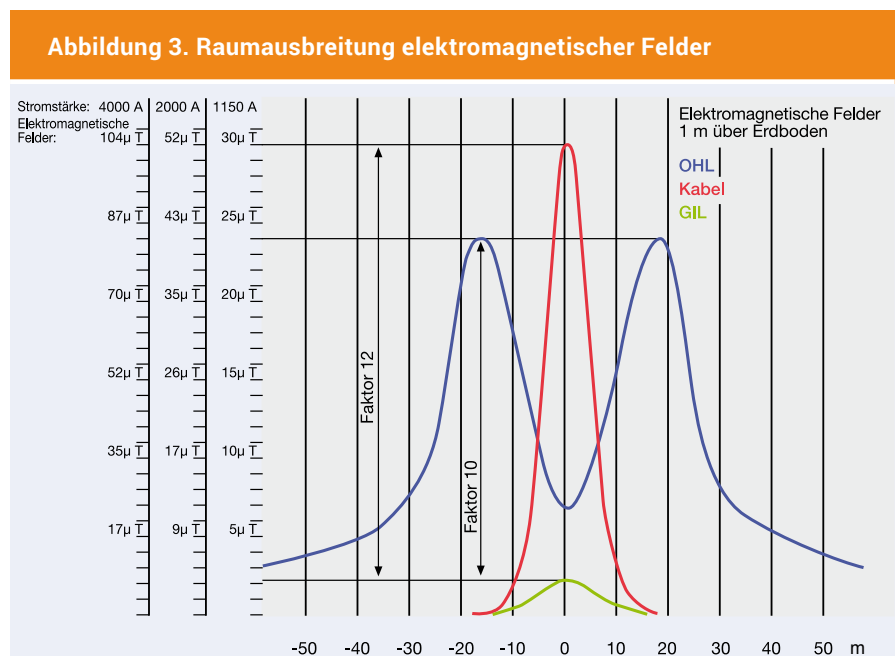
Der gesetzliche Grenzwert von niederfrequenten magnetischen Feldern elektrischer Anlagen liegt in Deutschland bei 100 µT (Mikro-Tesla); in Schweden bei nur 0,1 µT [14], der von statischen magnetischen Feldern bei 500 µT.

Die epidemiologische Diskussion um mögliche gesundheitliche Auswirkungen der Magnetfelder wird seit mehr als 2 Jahrzehnten kontrovers geführt und ist bislang nicht abschließend zu beantworten. Allerdings: „Es gibt eine relativ starke wissenschaftliche Evidenz, dass Dauerexpositionen gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern zu einem erhöhten Leukämierisiko bei Kindern führen. Das Risiko steigt ab etwa 0,2 µT mit der Höhe der Exposition. Etwas geringer ist die Evidenz für einen kausalen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber niederfrequenten magnetischen Feldern und der Alzheimer Krankheit.“ [21].

Die Raumausbreitung der elektromagnetischen Felder zeigt Abbildung 3.

### „Negawatt statt Megawatt“ – Defizite bei der Einsparung von Strom

Es war einmal in den 1990er Jahren, da hieß die Devise „Negawatt statt Megawatt“ (Diese Strategie wird auch als „least



Elektromagnetische Felder (EMF) bei Hochspannungsleitungen in Abhängigkeit vom Stromdurchfluss (A), der Entfernung von der Trassenmitte (in Meter) und dem elektrischen Leitersystem (OHL = Freileitung mit 2 Systemen, und die Kabelversionen: Kabel = normales Erdkabel sowie GIL = gasolierte Übertragungsleitung, die derzeit aber nur auf kurzen Strecken, etwa bis 10 km, eingesetzt wird.)

cost planning bzw. Minimalkostenplanung bezeichnet. [9]). Dahinter stand die Erkenntnis, dass die Einsparung einer Kilowattstunde Strom viel kostengünstiger ist als der Bau neuer Kraftwerke, um diese Kilowattstunde zu erzeugen. Angesichts der aktuell rund doppelt so hohen Strompreise müsste diese Strategie noch lukrativer sein, wäre sie nicht in Vergessenheit geraten. Inzwischen wird die mangelnde Bereitschaft zur Einsparung von Strom auch vom Rat für Nachhaltige Entwicklung beklagt [25].<sup>2</sup>

Die Nutzung der erneuerbaren Energien signalisiert den Verbrauchern anscheinend, dass eine Einsparung von Strom nicht mehr so wichtig wäre. Befördert wird diese Sichtweise noch durch äußerst problematische Aussagen, wie „Die Sonne schickt uns keine Rechnung“<sup>3</sup> oder die Bezeichnung der Internetadresse der Agentur für Erneuerbare Energien „www.unendlich-viel-energie.de“. Dementsprechend zeigen Studien des Umweltbundesamtes, dass der Stromverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland von 1990–2013 um 18% gestiegen ist [15] und dass die Bereitschaft der Deutschen zum Einsparen von Strom nachlässt [6].<sup>4</sup>

Dies ist aber ein Fehler. Strom ist und bleibt eine Edelenergie, mit der allzeit sparsam umgegangen werden sollte. Die erneuerbaren Energien entschärfen zwar die CO<sub>2</sub>-Problematik, andere Probleme nehmen dafür zu: Während die Einfuhr von fossilen Energieträgern sinkt, erhöhen sich die Importe von begrenzt vorhanden und zunehmend im Preis steigenden mineralischen und metallischen Rohstoffen. Bei Metallen wie Kupfer und Aluminium ist Deutschland inzwischen nach China und den USA der drittgrößte Nutzer [vgl. hierzu 5]. Generell erfordert die Produktion von Strom durch erneuerbare Energien einen wesentlich höheren Materialeinsatz und Flächenbedarf je Kilowattstunde als die Produktion mittels fossiler Kraftwerke [vgl. hierzu 4], der Aufwand für den Netzausbau und die zukünftigen Speichertechnologien kommt noch hinzu.

Die privaten Haushalte benötigen gut 27% des Stromverbrauchs in Deutschland, rund 137 Mrd. Kilowattstunden im Jahr. Dabei könnten viele Haushalte ihren Strombedarf durch relativ geringe Investitionen um rund 30%, mit höheren Investitionen sogar um rund 60% mindern – bei einem Zweipersonenhaushalt entspräche dies einer Reduktion von rund 3300 kWh/Jahr auf etwa 1100 kWh/Jahr [vgl. hierzu 27]. Allein eine Einsparung von nur 25% würde in etwa der Stromproduktion der Photovoltaik im Jahr 2014 entsprechen, die rund 35 Mrd. Kilowattstunden betrug. Zur Erzeugung dieser PV-Strommenge wurden bisher, seit dem Jahr 2000, nahezu 95 Mrd. Euro investiert [8].

### Fazit

Die kurze Analyse zeigt: Die Erneuerbaren haben inzwischen einen beträchtlichen Anteil an der Stromproduktion, der allerdings mit einem hohen finanziellen Aufwand erkaufte wurde. Zwar sinken die Kosten der Stromerzeugung, v. a. bei der Photovoltaik, dafür beginnen nun die Kosten des Gesamtsystems zu steigen.

Aktuell durch den Ausbau der Netze, in Zukunft durch die Investitionen in Speicher. Die Kosten des Systems sind dabei durch einen beständig zunehmenden Fixkostenanteil charakterisiert. Diese Entwicklung verlangt nach einer Reform der Strompreisstruktur, auch um soziale Ungerechtigkeiten zu minimieren und den Verbrauchern die wahren Kosten bzw. die Kostenstruktur ihres Stromkonsums transparenter zu signalisieren.

Die Einsparung von Strom ist wichtiger denn je, da die Ineffizienz des Gesamtsystems immer größer wird: Es werden doppelte Strukturen geschaffen, die Wirkungsgrade der konventionellen Kraftwerke sinken, die Leitungsverluste und die Umwandlungsverluste steigen. Bisher ist außerdem kaum beachtet worden, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien zwar zu einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Brennstoffkosten beiträgt, diese Entwicklung aber durch eine massive Steigerung des Einsatzes von begrenzt vorhandenen Materialien und dem Eingehen von neuen Rohstoffimportabhängigkeiten erkaufte wird.

Aussagen wie „Die Sonne schickt uns keine Rechnung“ haben das Niveau einer Volksverdummung und unterstützen letztlich das Credo einer Gesellschaft des „immer weiter, höher, schneller“. Die erneuerbaren Energien übernehmen dann eine ähnliche Funktion wie die Kernenergie in den 1950er und 1960er Jahren: Die Erfüllung des anscheinend alten und tief verwurzelten Menschheitstraums, über unendlich viel und billige Energie verfügen zu können. Im Endeffekt verstärkt eine solche Einstellung auch Rebound-Effekte [vgl. hierzu 18]. Windräder und Photovoltaik ermöglichen eine Art innerpsychischen Ablasshandel, d. h., man kann nun mit ruhigerem Gewissen in anderen Bereichen „sündigen“. Vielleicht ein Beispiel dafür: Die Wähler der Grünen sind offenbar von allen Parteigängern die eifrigsten Nutzer des Flugzeugs [28].<sup>5</sup>

2 „Der Nachhaltigkeitsrat fordert die Politik auf, den effizienten und sparsamen Umgang mit Energie endlich verbindlich und wirksam zu regeln. Das ist für eine erfolgreiche Energiewende unabdingbar. ... Hohe Strommengen könnten eingespart werden, aber zu beobachten ist das nicht.“

3 So ein Buchtitel von Franz Alt. Dummerweise schickt uns die Sonne aber auch keinen Strom ... und uns im Winter auch kaum Energie.

4 So ist die Bereitschaft zum Kauf energiesparender Geräte sowie das Abschalten nicht mehr benötigter Elektrogeräte zwischen 2010 und 2012 nennenswert, um einen zweistelligen Prozentsatz, zurückgegangen.

5 Eine Umfrage des Bundesverbandes der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (BDL) ergab, dass fast die Hälfte der befragten Grünen-Wähler in den vergangenen 12 Monaten ein Flugzeug genutzt hatte – so viel, wie bei keiner anderen Parteien-Wählergruppe.

Eine der gravierendsten Auswirkungen der Energiewende auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen, dürfte die Industrialisierung der Landschaft sein, die durch den Bau von mehreren tausend Biogasanlagen sowie den rasanten Zubau von Windenergieanlagen (aktuell rund 25.000) und neue Stromtrassen in Gang gesetzt wurde. Dabei galt es bisher als Ziel des Umweltschutzes, die Landschaft in ihrer ursprünglichen Eigenart zu erhalten, z. B. durch eine Reduktion des Flächenverbrauchs, oder sie sogar wieder herzustellen, z. B. durch die Renaturierung von Flüssen. Die Auswirkungen der zunehmenden Elektrifizierung der Umwelt und die Belastungen, die sich daraus er-

geben, lassen sich derzeit noch nicht abschätzen.

In der Summe betrachtet hat die Energiewende im Strombereich richtige und wichtige Entwicklungen in Gang gesetzt. Nun muss sich allerdings zeigen, ob sie sich auch zu einer sinnvollen, versorgungssicheren und bezahlbaren Gesamtstrategie entwickeln lässt, die den Namen Wende verdient. Und ob sie sich aufgrund des hohen Rohstoffaufwandes überhaupt global übertragen lässt. Dabei kommt es in Anbetracht der globalen Entwicklungen nicht darauf an, mit welcher Geschwindigkeit wir unseren CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduzieren, sondern ob die Strukturen der Energie-

wende so gestaltet werden können, dass sie in einem umfassenden Sinn nachhaltig sind und auch für andere Nationen ein attraktives Modell darstellen.

#### Dr. Hans-Jürgen Leist

Am Leineweher 29 | 30519 Hannover  
[mail@hans-juergen-leist.de](mailto:mail@hans-juergen-leist.de)

#### Dr. med. Thomas Lob-Corzilius

Kinderpneumologie,  
 Allergologie, Umweltmedizin  
 Christliches Kinderhospital  
 Johannisfreiheit 1 | 49074 Osnabrück  
[t.lob@ckos.de](mailto:t.lob@ckos.de)

## Literatur

- 1 Antwort des Hamburger Senats vom 24. Mai 2013. Betr.: Windkraft – Befuerung von Windkraftanlagen. Hamburg, 2013: 5
- 2 Ärzte für Immissionsschutz (aefis). Positionspapier zu Gesundheitsrisiken beim Ausbau der Erneuerbaren Energien. November 2014. Online: [http://aefis.de/images/Positionspapier\\_Grundlagen2.pdf](http://aefis.de/images/Positionspapier_Grundlagen2.pdf) (07.04.2015)
- 3 Bode S, Groscurth H-M. Zur vermeintlichen „Grid-Parity“ von Photovoltaik-Anlagen. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 7/2013: 39 – 43. Ebenso: Monopolkommission. Sondergutachten 65 – Energie 2013: Wettbewerb in Zeiten der Energiewende. Bonn, 2013: 13
- 4 Bräutigam T. Knappe Rohstoffe: Wann bauen wir das letzte Windrad? Online: <http://green.wiwo.de/knappe-rohstoffe-wann-bauen-wir-das-letzte-windrad/> (10.4.2015) und Rat für Nachhaltige Entwicklung. Rohstoff-Knappheit gefährdet Energiewende. Online: <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/news-nachhaltigkeit/2011/2011-12-01/rohstoff-knappheit-gefaehrdet-energiewende/> (10.04.2015)
- 5 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Deutschland-Rohstoffsituation 2012. Hannover, 2013: 7, 9
- 6 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.). Umweltbewusstsein in Deutschland. Berlin, 2013: 9 ff.
- 7 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Ökologische Auswirkungen von 380-kV-Erdleitungen und HGÜ-Erdleitungen. Berlin, 2012
- 8 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). Erneuerbare Energien im Jahr 2014. Berlin, 2015: 15
- 9 Der Spiegel 13/1991: 111 und 114
- 10 Eis D, Wolf U. Infraschall und tieffrequenter Schall – ein Thema für den Gesundheitsschutz in Deutschland? Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2007 (50): 1588 (1582 – 1589)
- 11 Gawel E, Korte K, Tewes K. Energiewende im Wunderland: Mythen zur Sozialverträglichkeit der Förderung erneuerbarer Energien durch das EEG. UFZ Discussion Papers 2/2015. Leipzig: 10
- 12 Haucap J, Pagel B. Ausbau der Stromnetze im Rahmen der Energiewende. Düsseldorf, 2014
- 13 [http://www.unendlich-viel-energie.de/media/image/4256.AEE\\_Funktionsweise\\_Stromnetz\\_feb11\\_72dpi.jpg](http://www.unendlich-viel-energie.de/media/image/4256.AEE_Funktionsweise_Stromnetz_feb11_72dpi.jpg) (07.04.2015)
- 14 [http://www.bfs.de/de/elektro/netzausbau/schutz/Grenzwerte\\_Europa.html/printversion](http://www.bfs.de/de/elektro/netzausbau/schutz/Grenzwerte_Europa.html/printversion) (12.04.2015)
- 15 <http://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/energieverbrauch-der-privaten-haushalte> (10.04.2015)
- 16 Imamovic D. Elektromagnetische Verträglichkeit von gasisolierten Leitungen. Netzpraxis 4/2015: 58
- 17 „Lärmproblem im Wohngebiet“, VDI-Nachrichten 06.06.2014: 23
- 18 Leist H-J. Wie effizient ist die Energieeffizienz wirklich? – Rebound-Effekte gefährden die Einsparziele der Energiewende. Pädiatrische Allergologie 1/2014: 24 – 27
- 19 Lob-Corzilius T. Nutzen und gesundheitliche Risiken der Solarenergie. Pädiatrische Allergologie 4/2012: 30 – 32
- 20 „Macht der Infraschall von Windkraftanlagen krank?“ Die Welt vom 3.3.2015; Online: <http://www.welt.de/wirtschaft/energie/article137970641/Macht-der-Infraschall-von-Windkraftanlagen-krank.html> (13.04.2015)
- 21 Neitzke H-P, Voigt H. Übertragung elektrischer Energie: Technische Möglichkeiten und Risiken für Mensch und Umwelt. EMF-Monitor 1+2/2012: 12
- 22 Neitzke H-P, Voigt H. Übertragung elektrischer Energie: Technische Möglichkeiten und Risiken für Mensch und Umwelt. EMF-Monitor 1+2/2012: 1 – 16
- 23 Nohl W. Landschaftsästhetische Auswirkungen von Windkraftanlagen. Referat auf der 58. Fachtagung „EnergieLandschaften“ 2009 in Augsburg. Online: <http://www.natursoziologie.de/files/nohl-windkraft1375881239.pdf> (02.04.2015).
- 24 Radtke O et al. Kostentreiber und ihre Wirkung auf die Entwicklung der Netzentgelte. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 2015 (1-2): 115 – 117
- 25 Rat für Nachhaltige Entwicklung. Die Energiewende braucht eine verbindliche und wirksame Energieeffizienzpolitik. Berlin, 2012: 1
- 26 „Risiko Solarspeicher: „Einfamilienhäuser werden brennen“, VDI Nachrichten 23.05.2014: 3.
- 27 Schleicher T. Effizienz-Ranking „Stromsparen in Haushalten“. Online: <http://www.oeko.de/oekodoc/1314/2011-433-de.pdf> (07.04.2015)
- 28 Spiegel-online vom 12.11.2014: Reiseverhalten von Grünen-Wählern: Bahn predigen, Business fliegen. Online: <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/gruenen-waehler-halten-rekord-bei-flugreisen-a-1002376.html> (08.04.2015)
- 29 Verband kommunaler Unternehmen (VKU). Ein zukunftsfähiges Energiemarktdesign für Deutschland. Berlin, 2013: 12 f.
- 30 Windkraft im Visier, online: [http://www.wind-ist-kraft.de/grundlagenanalyse/durch-weaver-ursache-infraschall-emissionen/3/#footnote\\_0\\_623](http://www.wind-ist-kraft.de/grundlagenanalyse/durch-weaver-ursache-infraschall-emissionen/3/#footnote_0_623) (02.04.2015)