



WIR BESCHLEUNIGEN
DIE ENERGIEWENDE



LichtBlick
Generation reine Energie

Megatrends der globalen Energiewende

Impressum

Herausgeber	WWF Deutschland und LichtBlick SE
Stand Juni 2015	
Autor	Gerd Rosenkranz
Datenverifikation	Jürgen Quentin
Koordination	Viviane Raddatz/WWF Deutschland Corine Veithen/LichtBlick SE
Redaktion	Gerd Rosenkranz, LichtBlick, WWF Deutschland
Kontakt	viviane.raddatz@wwf.de corine.veithen@lichtblick.de
Gestaltung	Thomas Schlembach/WWF Deutschland
Produktion	Sven Ortmeier/WWF Deutschland
Papier	CircleOffset premium White
Druckerei	Druckhaus Berlin Mitte



Der führende Öko-Energieanbieter LichtBlick und die Naturschutzorganisation WWF Deutschland wollen gemeinsam die Energiewende in Deutschland beschleunigen. Zusammen verfolgen sie das Ziel, Menschen für Veränderung zu begeistern und die enormen Chancen einer erneuerbaren Energiezukunft sichtbar zu machen.

www.energiewendebeschleunigen.de

Vorwort

Für einen großen Gipfel war die Aussage überraschend: Anfang Juni 2015 kündigten die G7-Staats- und Regierungschefs im bayrischen Elmau den globalen Ausstieg aus der Kohlenstoffwirtschaft an. Auf Braun- und Steinkohle, Öl und Gas soll die Welt im Laufe dieses Jahrhunderts vollständig verzichten.

Tatsächlich ist dieses Ziel nicht nur dringend geboten, auch um den gefährlichen Klimawandel einzudämmen, sondern auch erreichbar. Die Energiewende ist zu einer enormen globalen Kraft geworden, der Ausbau der Erneuerbaren kommt weltweit schneller voran, als selbst Optimisten vor ein paar Jahren noch glaubten.

Der vorliegende Report liefert zahlreiche Belege dafür, dass der globale Umbau des Energiesystems begonnen hat und sich derzeit enorm beschleunigt. Er zeigt, dass die Erneuerbaren Energien und hier besonders die Solarenergie eine beispiellose Entwicklung genommen haben: von der als zu teuer verschmähten Nischentechnologie zur weltweiten Konkurrenz für fossile und nukleare Kraftwerke.

Faktisch hat das Ende der fossil-nuklearen Ära bereits begonnen. Staatliche Anleger wie der norwegische Pensionsfonds, Versicherungskonzerne wie AXA, die Church of England und sogar die Rockefeller Stiftung ziehen ihre Gelder aus Unternehmen ab, die Kohle aus der Erde fördern, Öl verkaufen oder Gas verfrachten.

Und die Umgestaltung des Energiesektors findet längst nicht mehr nur in Deutschland statt. Viele andere EU-Staaten und Länder wie die USA und China haben sich ein Beispiel an der „German Energiewende“ genommen. Hier findet weltweit ein regelrechter Wettlauf statt. Deutschland muss aufpassen, perspektivisch nicht ins Hintertreffen zu geraten.

Die Ansätze unterscheiden sich von Land zu Land. Die Details der Energiewende werfen hierzulande wie überall noch viele Fragen auf. Doch die großen Trends sind eindeutig. Dieser Report geht den globalen Megatrends auf die Spur. Manche Erkenntnis hat uns überrascht und begeistert. Wir hoffen, die Lektüre ist für Sie so inspirierend und motivierend wie für uns.



Heiko von Tschischwitz
Gründer und CEO von LichtBlick



Eberhard Brandes
Geschäftsführender Vorstand WWF Deutschland

Zusammenfassung

Die nachfolgende Ausarbeitung wirft, ausgehend von der deutschen Energiewende, einen intensiven Blick auf aktuelle Entwicklungen in den Energiewirtschaften jenseits unserer Grenzen. Das Ergebnis: Deutschland verfolgt die Ziele der Energiewende längst nicht mehr allein. Vielmehr ist unser Land Teil einer globalen Bewegung, die unter dem Eindruck der realen Erderwärmung, der dreifachen Kernschmelze von Fukushima, aber auch regionaler Umweltverheerungen durch das gegenwärtige Energiesystem versucht, das fossil-nukleare Zeitalter zu überwinden und ein risikoärmeres Energiesystem zu errichten. Es besteht die reale Gefahr, dass Deutschland und Europa, angesichts gewisser Ermüdungserscheinungen bei der Verfolgung ihrer energie- und klimapolitischen Ziele, von anderen abgehängt werden.

Im Weltmaßstab lassen sich fünf Megatrends identifizieren:

1. Das Ende der fossilen Ära ist eingeläutet

Der globale Siegeszug der Erneuerbaren Energien, die in Elmau ausgesendeten Signale der G7-Staaten, die durch Klimaschutzversprechen in den USA und China befeuerte Diskussion über ein wirksames Weltklimaabkommen, sowie der Rückgang des Kohleinsatzes in China und ein spektakulärer Absturz des Ölpreises im Jahr 2014 verdichten sich zu der Frage, ob der Anfang vom Ende des fossilen Zeitalters bereits eingeläutet ist. Treiber dieser Entwicklung sind neben dem realen Klimawandel die zunehmend volatilen Energiepreise, bzw. der angesprochene Ölpreisverfall und ein zunehmendes Bewusstsein für die gesundheitlichen Auswirkungen der fossilen Energiegewinnung mit der Folge anwachsender regionaler Proteste.

2. Die Energiezukunft hat schon begonnen

Die Energiewende ist globale Realität. In ihr haben sich vor allem Photovoltaik und Windenergie binnen weniger Jahre zu Schlüsselenergien des 21. Jahrhunderts entwickelt. Im Jahr 2013 wurden auf der Welt, bezogen auf die Kraftwerksleistung, erstmals mehr Erneuerbare-Energien-Kraftwerke errichtet als Kohle-, Gas- und Atomkraftwerke zusammen. Auch bei den Investitionen liegt der Sektor der Erneuerbaren inzwischen deutlich vor den traditionellen Energietechnologien.

3. Die Energiezukunft ist erneuerbar

Der weltweite Siegeszug der Erneuerbaren Energien ist vor allem Ergebnis kaum für möglich gehaltener Erfolge bei der Kostenreduzierung. Noch ist Windenergie an Land die günstigste Erneuerbare Energie. Aber in Deutschland sind die Kosten für Solarstrom seit 2005 um 80 Prozent eingebrochen. Viele Wirtschafts- und Finanzexperten gehen in ihren Analysen davon aus, dass die Photovoltaik schon in wenigen Jahren zur kostengünstigsten Technologie zur Erzeugung von Strom wird. Erneuerbarer Strom aus Sonne und Wind wird seinen Siegeszug über den Stromsektor hinaus auch in den Bereichen Mobilität und Wärme fortsetzen.

4. Die Energiezukunft ist dezentral

Die Stromerzeugung aus Wind und Sonne, aber auch aus anderen Erneuerbaren Energien ist dezentral. Statt weniger Großkraftwerke erzeugen im Energiesystem der Zukunft Millionen kleine Anlagen Energie. Viele der beteiligten Akteure sind sowohl Stromproduzent als auch Stromkonsument („Prosumer“). Das heißt nicht, dass es auf der Welt nur noch Kleinkraftwerke geben wird. Auch große Anlagen und Anlagenparks auf Basis von Wind und Sonne werden voraussichtlich ihren Platz im neuen Energiesystem behalten. Doch gerade in vielen ärmeren Regionen der Welt, die reich an Sonne und Wind sind, könnten Bürgerinnen und Bürger als Prosumer von dezentralen, Erneuerbaren Energiesystemen profitieren.

5. Die Energiezukunft ist digital

Die flächendeckende Digitalisierung der Energiebranche ist Voraussetzung und Schlüssel für ein zuverlässiges, von den volatilen Erneuerbaren Energien Wind und Sonne geprägtes und dezentrales Energiesystem. IT- und Energiesektor wachsen zusammen. Erst die Kombination von beiden ist in der Lage, Energieangebot und Energiebedarf zuverlässig zu jeder Zeit zur Deckung zu bringen. Eine schnelle Kostendegression bei Batteriespeichern wird die Digitalisierung und Dezentralisierung der neuen Energiewelt weiter beschleunigen.

**Deutschland hat
sich verdient
gemacht um
die globale
Energiewende**

- **Die Energiewende in Deutschland ist ein gesamtgesellschaftliches Projekt, dessen Ziele von einer überwältigenden Mehrheit geteilt werden**
- **Deutschland hat die globale Entwicklung mit ausgelöst und muss aufpassen, nicht vom Vorreiter zum Nachzügler zu werden**

Die Energiewende in Deutschland kommt voran. Hunderttausende engagieren sich für ihre Ziele.¹ Eine überwältigende Mehrheit steht hinter der Transformation des Energiesystems. Trotzdem gibt es Streit, der insbesondere über die Medien, die veröffentlichte Meinung ausgetragen wird. Gestritten wird über das Wie, über die Ausgestaltung der Energiewende. Nicht mehr über das Ob.

Zu Recht kann Deutschland und können die Deutschen stolz darauf sein, die Energiewende nicht nur im eigenen Land auf die Tagesordnung gesetzt zu haben. Die Tatsache, dass sich eine der erfolgreichsten Industrienationen entschieden hat, die Nutzung der Atomenergie aufzugeben, die ungebremste Verbrennung von Kohle, Öl und Erdgas zu überwinden und das Zeitalter von Energieeffizienz und Erneuerbaren Energien einzuläuten, erregt überall auf der Welt höchstes Interesse. Und nicht nur das: Hierzulande konzipierte regulatorische Instrumente und Technologien für die Energiewende werden jenseits der Grenzen kopiert, adaptiert und weiterentwickelt.

Ziel des Generationenprojekts Energiewende ist ein zukunftsfestes Energiesystem ohne Nuklearkatastrophen und eine Begrenzung des Klimawandels auf eine globale Erwärmung von durchschnittlich höchstens zwei Grad Celsius verglichen mit dem vorindustriellen Niveau.

Unbestreitbar kann ein an Fläche und Einwohnerzahl vergleichsweise kleines Land wie Deutschland rein quantitativ wenig beitragen zur weltweiten Gefahrenabwehr. Hierzulande produzieren noch knapp 2 Prozent der auf der Welt betriebenen Atomreaktoren Strom (in Zahlen: 8 von 438)². Und mit seinen Treibhausgasemissionen trägt Deutschland zum globalen Klimawandel 2,4 Prozent bei.³ Auch hier ist die Tendenz seit vielen Jahren fallend. Mit anderen Worten: Wenn nur Deutschland seine Atomkraftwerke wie geplant bis Ende 2022 schließt und die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95 Prozent reduziert, wird das allein den Planeten nicht retten. Die deutsche Energiewende ist und war von Beginn an eine politische und wirtschaftliche Demonstration der Machbarkeit. Demonstriert wird die Machbarkeit der Transformation hin zu einem nachhaltigen Energiesystem in einem hochindustrialisierten Land. Die Botschaft lautet: Dieses Land macht sich fit für die Zukunft und profitiert gesellschaftlich und wirtschaftlich davon.

Weiterhin ist festzustellen, dass die „German Energiewende“ zum Exportschlager avanciert. Die Zeiten sind vorbei, zu denen Gegner der Energiewende mit Blick auf das Ausland von einem „deutschen Sonderweg“ sprechen konnten. Denn die viertgrößte Industrienation ist auf diesem Weg längst nicht mehr allein. Überall auf der Welt haben sich gewichtige und weniger gewichtige Staaten aufgemacht, ihre je eigene Energiewende zu starten. Darunter auch die aus heutiger Sicht entscheidenden Länder China und die USA, die allein für annähernd die Hälfte der derzeit weltweit emittierten Treibhausgase verantwortlich sind.⁴

Die deutschen Stromverbraucher haben bis heute viel geleistet, um die Energiewende national und letztlich weltweit voranzutreiben. Darüber hinaus haben von Lindau bis Flensburg hunderttausende Bürgerinnen und Bürger die Energiewende ganz konkret zu ihrer eigenen Sache gemacht. Sie haben Millionen Solarmodule auf ihre Dächer geschraubt, sie haben ihr Ersparnis angelegt in zehntausende Windräder, Landwirte haben sich mit Bioenergie ein zweites Standbein geschaffen. Im Ergebnis beginnt die über ein volles Jahrhundert vertraute Grenze zwischen Stromerzeugern und Stromverbrauchern zu verschwimmen. Das Internet wird zum „Internet für alles“, auch zum großen, intelligenten Steuerungsinstrument für das Energiesystem der Zukunft. Nun aber, wo die Energiewende in immer mehr und immer einflussreicheren Ländern der Welt auf den Weg gebracht wird, muss Deutschland aufpassen, dass das Land in den entscheidenden Jahren nicht nur irgendwie dabei, sondern auch weiter an der Spitze bleibt.

**Ein
optimistischer
Blick auf die
Energiewende –
Drei Vor-
bemerkungen**

Überraschungen sind unvermeidbar, Erneuerbare Energien disruptiv und Prognosen oft Schall und Rauch

Was die Überraschungen betrifft, bestanden die im Fall der Erneuerbaren Energien bisher national, europa- und weltweit stets in der konsequenten Unterschätzung ihrer künftigen Verbreitung. Auch dieser Befund unterscheidet die Ökoenergien fundamental von der Atomkraft, deren Verbreitung über Jahrzehnte und teilweise grotesk überschätzt wurde – nicht nur von der Internationalen Atomenergie Behörde IAEA⁵ und der Atomindustrie selbst, deren Aufgabe derlei Propaganda war und ist, sondern auch, von wissenschaftlichen Institutionen, internationalen Energieagenturen und Regierungen.

Disruptiv nennt man technologische Innovationen, die das Potenzial haben, etablierte Produkte in bestehenden Märkten oder ganze Branchen vollständig zu verdrängen. Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit sind die Digitalfotografie, die LCD-TV-Technik oder die LED-Beleuchtung. Wenn Erneuerbare Energien sich allerdings als disruptiv erweisen, dann geht der Wandel tiefer. So wie das Internet unsere Kommunikations- und Konsumgewohnheiten verändert und nicht nur gedruckte Medien, Fernsehen und Hörfunk infrage stellt, sondern letztlich auch den Einzelhandel, wie wir ihn kennen, so haben Erneuerbare Energien im Verbund mit der Digitalisierung das Potenzial, nicht nur einer unbeweglichen Energiewirtschaft in großen Teilen die Geschäftsgrundlage zu entziehen, sondern auch anderen zentralen Branchen.

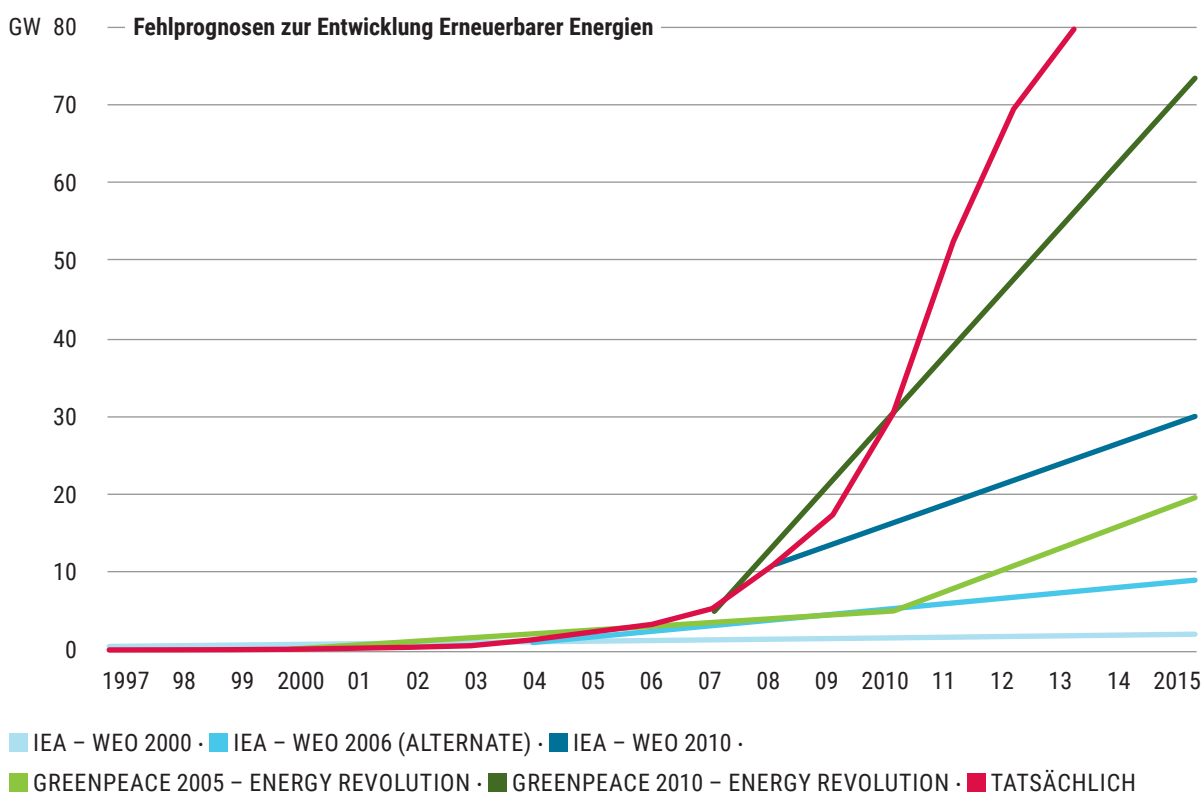


Abbildung 1: Fehlprognosen verschiedener Institutionen zur Entwicklung der Photovoltaik in Europa; Quelle: Meister consultants 2015. <http://www.mc-group.com/wp-content/uploads/2015/03/MCG-Renewable-Energy-Revolution-Additional-Projections.pdf>⁶

Der Strom der Zukunft erfordert hohe Anfangsinvestitionen für Erzeugungsanlagen und Infrastruktur, doch dann ist seine Produktion nahezu kostenlos. In einer solchen Konstellation ist der Weg zur Stromfltrate nicht mehr weit. Elektrizität wird zur neuen „Primärenergie“. Das würde bedeuten, dass sich der Stromsektor ausweitet, mehr und mehr auch unsere Mobilität sicherstellt und voraussichtlich auch die fossile Wärmebereitstellung übernimmt, wo sie nicht schon durch intelligente Effizienztechnologien ersetzt ist.

So kann es, aber so muss es nicht kommen. Prognosen sind oft, jedoch nicht immer, Schall und Rauch. Doch sicher ist: Die Zukunft ist immer offen und mit dem Durchbruch der Erneuerbaren Energien wird sie um viele Varianten offener.

Es gibt keinen Weg zurück in die fossil-nukleare Vergangenheit

Die Götterdämmerung hat bereits begonnen. Selbst die größten und über Jahrzehnte einflussreichsten Unternehmen des fossil-nuklearen Zeitalters beginnen zu ahnen, dass es auch für ihre Vormachtstellung in der Energiewelt keine Ewigkeitsgarantie gibt, wenn sie nicht rechtzeitig umsteuern. Die internationalen Ölkonzerne, Prototypen der Global Player, standen zum Jahreswechsel 2014/2015 erstmals vor einem Einbruch der Ölpreise um zeitweise mehr als 50 Prozent binnen eines halben Jahres. Eine derart dramatische Entwicklung lässt sich nicht mehr entlang der alten Muster erklären⁷, auch wenn es hier und da noch unverdrossen versucht wird.⁸

Parallelen liegen nahe zu den großen Telefondienstleistern in den späten 1990er Jahren, deren traditionelles Geschäftsmodell der umfassenden Digitalisierung der weltweiten Kommunikation zum Opfer fiel.⁹ Auch die mächtigen Stromversorger, wie in Deutschland die Großen Vier – Eon, RWE, Vattenfall und EnBW – die wie ihre Vorgängerunternehmen den deutschen Energiemarkt über Jahrzehnte dominierten, schauen weitgehend ratlos auf eine Entwicklung, die sie allenfalls verlangsamen, aber nicht mehr wie in der Vergangenheit steuern oder gar verhindern können. Ihre Macht, auch ihr Einfluss auf die Schaltstellen der politischen Administration, erodiert. Die Zahl der Politikerinnen und Politiker, die sich noch offen und offensiv für ihre alten Geschäftsmodelle verwenden, schrumpft dramatisch. E.on und EnBW ziehen die Konsequenzen, indem sie ihre Unternehmen in die Kompetenzzentren Zukunft und Vergangenheit aufteilen. Ziel dabei scheint es zu sein, die Vergangenheit möglichst schnell abzustoßen: Gesundtschrumpfen für die Zukunft. Der schwedische Staatskonzern Vattenfall bereitet die Flucht aus Braunkohle-Deutschland vor. RWE denkt im Kampf um die Kohleverstromung darüber nach, wie die alten schmutzigen Assets am besten gesichert und ausgeschlachtet werden können, um die Konzernkassen noch ein wenig für eine ungewisse Zukunft zu füllen.

Die Kohlewirtschaft in Deutschland wird noch eine Weile versuchen, die Erneuerbaren Energien auszusitzen. Aber diejenigen, die glauben, Deutschland könne Energiewendeland sein und dabei Kohleland bleiben, täuschen sich. Auch wenn Klimawissenschaftler immer wieder (wissenschaftlich korrekt) betonen, dass kein einzelner Tornado und keine der immer häufigeren „Jahrhundertfluten“ zweifelsfrei auf den Klimawandel zurückzuführen seien: Es hilft nichts. Jedes Extremwetterereignis irgendwo auf dem Globus ruft den Klimawandel in die öffentliche Erinnerung und richtet die Aufmerksamkeit auf dessen Hauptverursacher. In jüngeren Umfragen ist der Ruf der Kohlewirtschaft hierzulande kaum mehr besser als es der Ruf der Atomenergie in der Vergangenheit war.¹⁰ Ob es am Ende ein zweiter Hurrikan Katrina sein wird, der erneut New Orleans heimsucht¹¹, oder ob sich die Jahrhundertdürre der vergangenen Jahre in Kalifornien katastrophal verschärft: Wenn auch große Industrieländer auf der nördlichen Erdhalbkugel zunehmend zu Betroffenen des Klimawandels werden, wird die Menschheit irgendwann ernst machen mit dem Schutz des Weltklimas und dem Ende der exzessiven Verbrennung von Kohle, Öl und Gas – zumal, wenn die Alternativen für jedermann erkennbar zur Übernahme bereitstehen.

Aber: Auch Megatrends setzen sich nicht von alleine durch

So sehr die Zeichen also auf Wandel stehen: Die Energiewende kommt, aber nicht von allein. Sie bleibt ein Wettlauf mit der Zeit, wenn die Menschheit weitere Atomkatastrophen wie in Tschernobyl oder Fukushima und eine unkontrollierte Eskalation der Folgen des Klimawandels noch verhindern will. Energie war in der Vergangenheit eines der umsatzstärksten und gewinnträchtigsten Geschäfte der globalen Wirtschaft. Im fossil-nuklearen Zeitalter schaffte die Energiewirtschaft überbordenden Reichtum – nur zu oft auf Kosten von Mensch und Umwelt. Auch in der Gegenwart und in Zukunft kommt der Branche – und hier vor allem den Erneuerbaren Energien – eine herausragende Bedeutung zu angesichts einer weiter wachsenden Weltgesellschaft. Weil die Umstände so sind und die Interessen der alten Energiewirtschaft weiter gewichtig, wird die Energiewende ihre Ziele ohne entschlossene und mutige Politik auf allen Ebenen und ohne das Engagement der Zivilgesellschaften nicht erreichen.

Einerseits: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz – nicht als Zwangsregime, sondern als Funktionsprinzip moderner Gesellschaften – haben ausweislich aller Umfragen der vergangenen Jahre schon gewonnen: in der Bevölkerung, in einer neu entstandenen Industrie, in der Politik, in den Kirchen, sogar in Teilen der Gewerkschaften, die sich naturgemäß schwer tun als Interessenvertreter der Arbeitsplatzbesitzer von heute und nicht der von morgen.

Andererseits: Die Bewegung, die in Deutschland Mitte der 1970er Jahre auf dem geplanten Bauplatz für das Atomkraftwerk Wyhl in Baden-Württemberg ihren Ausgang nahm, kann sich nur noch selbst stoppen. Sie muss im Erfolg der Energiewende selbst flexibel und beweglich bleiben. Und sie darf die Blockadeversuche der Energiewende-Verlierer nicht stur frontal bekämpfen, sondern muss sie auch mal klug umgehen. Die Verlierer, die es zweifellos gibt, vom Mitmachen überzeugen: Das ist nicht nur Aufgabe der Politik, sondern Aufgabe aller, die sich der Energiewende verschrieben haben.

Dabei muss das Bewusstsein präsent bleiben, dass wir bei aller Dynamik der Energiewende in Deutschland und mehr noch in gewichtigen anderen Teilen der Welt erst am Anfang der energetischen Zeitenwende stehen. Diesen Umstand beleuchtet die nachfolgende Grafik überdeutlich. Erst 2014 zeichnete sich ab, dass der weiterhin dramatische Zubau neuer Kohlekraftwerke auch in China, dem in diesem Zusammenhang entscheidenden Land, erstmals abgebremst wurde.¹² Diese Entwicklung, immerhin ein Hoffnungsschimmer, ist in der Grafik¹³ noch nicht einmal erkennbar.

Neu installierte Erzeugungsleistung Wind, PV, Wasser, Fossil und Atomkraft weltweit 2000-2014

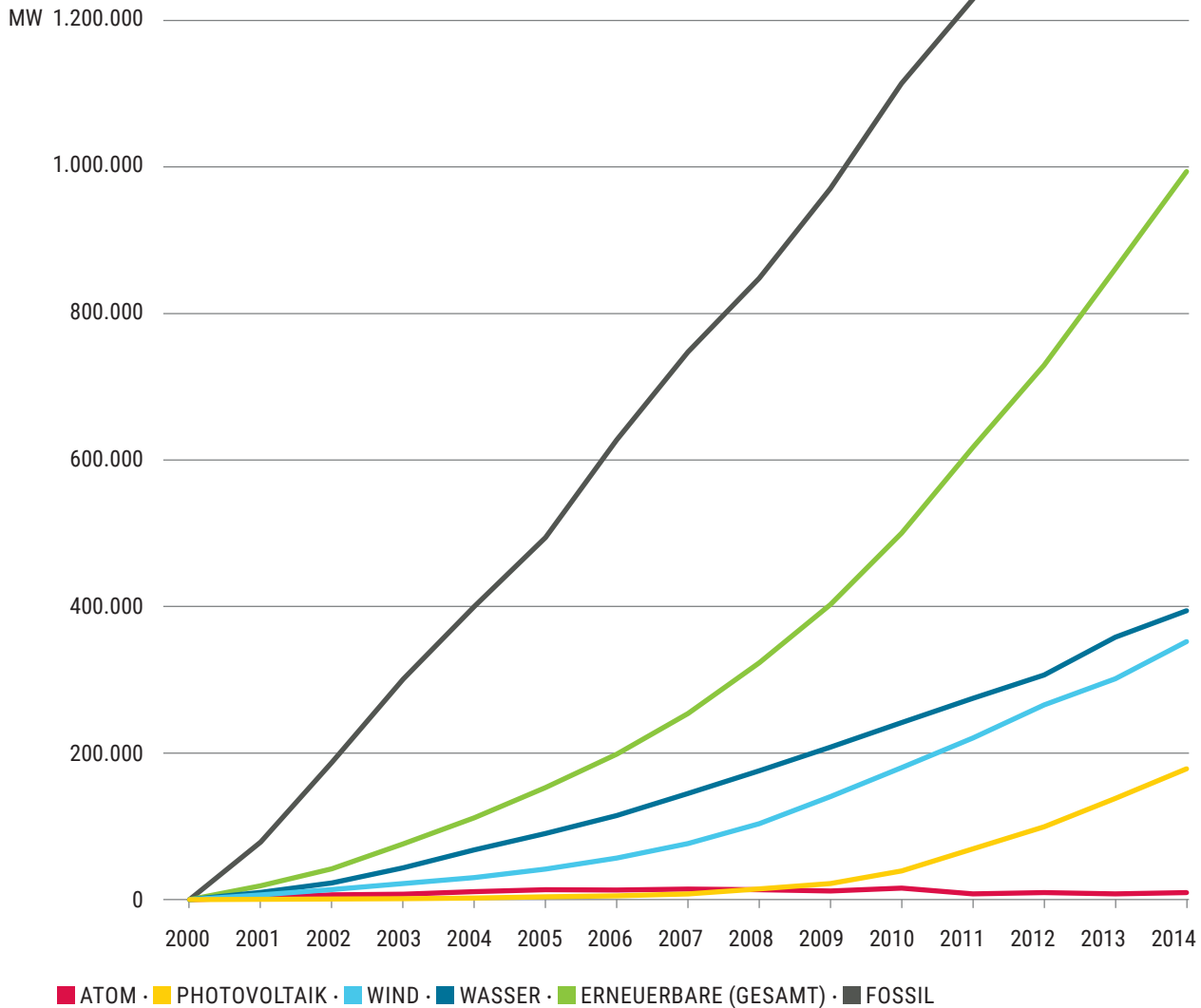


Abbildung 2: Kumulierter Kapazitätszuwachs weltweit in MW; Quelle: IRENA, GWEC, eia, 2015

Die im Folgenden beschriebenen **Megatrends** geben Anlass zu Zukunftsoptimismus. Sie belegen, dass die Energiewende nicht mehr ausschließlich politisch, sondern zunehmend auch technologisch getrieben ist. Wind und Sonne werden ökonomisch konkurrenzfähig. Aber die reale Entwicklung der vergangenen Jahre zeigt auch, dass dies nur eine notwendige Bedingung ist für den Erfolg, noch keine hinreichende. Weil die Rahmenbedingungen überall auf der Welt über fast hundert Jahre für das fossil-nukleare Energiezeitalter geschaffen wurden und weil sie sich nicht von allein in Luft auflösen, bleibt der Weg in das Zeitalter der Erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz auch ein eminent politisches Projekt. Sicher ist: Ohne eine konsequente Neuausrichtung des energiepolitischen Rahmens in allen gewichtigen Ländern der Erde ist der Wettlauf mit der Zeit nicht zu gewinnen.

Megatrend 1

Das Ende der fossilen Ära ist eingeläutet

- **Um die international vereinbarte Zwei-Grad-Schwelle der Erderwärmung noch einzuhalten, müssen 80 Prozent der heute bekannten fossilen Reserven aus Kohle, Öl und Erdgas im Boden bleiben**
- **Die US-amerikanische Fossil-Free-Divestment-Bewegung, die weltweit dafür wirbt, Kapital aus großen Gas- und Ölunternehmen abzuziehen, hat großen Zulauf**
- **Erstmals deutet sich der Abschied von der fossilen Ära an, die die Weltenergieversorgung seit der Industrialisierung geprägt hat, der Kohleverbrauch in China ist 2014 gesunken, von drei auf der Welt geplanten Kohlekraftwerken wird nur noch eines tatsächlich gebaut**
- **Immer mehr Analysten weltweit agierender Banken und Unternehmensberater interpretieren den spektakulären Einbruch des Ölpreises in der zweiten Jahreshälfte 2014 und die (Nicht-)Reaktion des größten Ölförderers Saudi-Arabien als Anfang vom Ende des Ölzeitalters**

Der globale Klimawandel ist Realität. Zwar warnen Wissenschaftler regelmäßig davor, einzelne Extremwetterereignisse der vom Menschen verursachten Klimaerwärmung zuzurechnen. Doch gleichzeitig ist klar, dass die Häufung solcher Katastrophen der realen Erderwärmung geschuldet ist. Sie zeigt sich durch extreme Stürme, Überschwemmungen oder Dürreperioden. Und mit jeder weiteren „Jahrhundertkatastrophe“ wächst unter den Betroffenen die Bereitschaft, dem Klimawandel wirksam zu begegnen.^{14, 15}

Wenn die von vielen Beobachtern als richtungweisend angesehene UN-Weltklimakonferenz in Paris Ende 2015 die Menschheit einem wirksamen neuen Klimaabkommen näher bringt, so wird dies ein Segen sein für die Welt. Doch ob es so kommt, ist alles andere als gewiss. Denn die Staaten, Staatenbünde und weltweit agierenden Unternehmen, die sich als Verlierer einer umfassenden Transformation des globalen Energiesystems sehen, sind nach wie vor einflussreich genug, den Gang der Geschichte zu verzögern. Die in der OPEC zusammengeschlossenen Länder, Russland, Kanada, Kohleförderer wie Australien, letztlich alle großen Exporteure fossiler Brennstoffe werden weiter versuchen, die Grundlage ihres Wohlstandsmodells noch möglichst weit in die Zukunft zu verlängern.

Gleichzeitig bricht sich immer stärker die Erkenntnis Bahn, dass diese Strategie an ihre Grenzen stößt – und dies nicht länger nur in den rohstoffimportierenden und vom Klimawandel besonders betroffenen Ländern. Schon vor 15 Jahren prophezeite der legendäre frühere saudi-arabische Ölminister Sheikh Yamani, dass es in 30 Jahren eine gewaltige Menge an Öl-Reserven geben werde, jedoch niemanden mehr, der sie noch kaufen und verbrennen wolle. Yamani damals: „Das Öl wird in der Erde bleiben. Die Steinzeit endete nicht, weil wir einen Mangel an Steinen hatten, und das Ölzeitalter wird nicht enden, weil es einen Mangel an Öl gibt.“¹⁶

Bis es so weit ist, werden voraussichtlich noch etwas mehr als die verbleibenden 15 Jahre vergehen, die Yamani dem Ölzeitalter von heute aus gesehen damals noch gab. Doch außerhalb der fossile Brennstoffe exportierenden Länder verbreitet sich mit beeindruckender Dynamik die Überzeugung, dass die heute bereits bekannten Reserven an fossilen Energievorräten nur noch zu einem Bruchteil aus der Erde geholt und verbrannt werden dürfen. Diese Vorräte bestimmen nicht zuletzt den Wert der global agierenden Kohle-, Öl- und Gaskonzerne.

Klimawissenschaftler weisen seit Jahren darauf hin, dass die Exploration von immer mehr fossilen Brennstoffen in einem unauflösbaren Widerspruch steht zum politisch vereinbarten Ziel, die Klimaerwärmung im weltweiten Mittel auf zwei Grad Celsius zu begrenzen. Britische Forscher haben kürzlich im Wissenschaftsmagazin Nature vorgerechnet, dass weltweit ein Drittel der Ölreserven, die Hälfte des Erdgases und mehr als 80 Prozent der heute bekannten Kohlereserven in der Erde bleiben müssen, wenn es eine reale Chance geben soll, die Zwei-Grad-Schwelle noch einzuhalten.¹⁷

Das bedeutet, die Exploration weiterer fossiler Brennstoffvorräte ist schon heute ein ökonomisches Vabanquespiel. Die Förderung unkonventioneller und meist besonders klimaschädlicher Ölvorräte – wie z. B. Teersande im Westen Kanadas oder Öl unter der tiefen See – ist unvereinbar mit den global festgelegten Klimazielen. Gefördert und verbrannt werden dürfen, wenn es nach den „volkswirtschaftlichen Kosten“ geht, nur noch Vorräte mit den günstigsten Förderkosten. Das hätte zur Folge, dass beispielsweise drei Viertel des kanadischen Öls in der Erde bleiben müssten und fast 90 Prozent der europäischen Kohle.

Die ursprünglich US-amerikanische Fossil-Free-Divestment-Bewegung¹⁸ macht mittlerweile nicht nur in den USA Furore, sondern wirbt in vielen Industrieländern dafür, Kapital aus 200 großen Gas- und Ölunternehmen abzuziehen, die weiter in die Ausbeutung fossiler Brennstoffe investieren – und erhält dabei viel Resonanz und großen Zulauf. Hunderte von Stiftungen, Universitäten, Kirchen, Pensionskassen, die Stadt San Francisco und, besonders spektakulär, Erben der Rockefeller-Öldynastie, verpflichteten sich, ihre Anteile an Öl- und Gasunternehmen zu verkaufen und stattdessen in klimaschonende Unternehmen zu investieren.¹⁹ Jüngstes Beispiel hierfür ist die Entscheidung des norwegischen Parlaments vom Juni 2015, den staatlichen Pensionsfonds nicht mehr in Kohle investieren zu lassen.²⁰

Doch das ist es nicht allein. Inzwischen mehren sich die Zeichen, dass die ungebremste Verbrennung klimaschädlicher Brennstoffe auch in der realen Welt an Grenzen stößt. Weltweit werden seit 2010 zwei von drei projektierten Kohlekraftwerken zurückgestellt oder ganz aufgegeben und nur eines letztlich auch fertiggestellt. Chinas langer Kohle-Boom stagniert, 2014 ging die Kohleverbrennung erstmals um

1,6 Prozent zurück, die Auslastung der chinesischen Kohlekraftwerke fiel auf den niedrigsten Wert seit über drei Jahrzehnten und die Kohleverbrennung entkoppelt sich auch in China immer stärker vom Wirtschaftswachstum.^{21,22} In Indien, dem aktuell zweiten Haupttreiber der globalen Kohleverbrennung, werden seit 2012 sechsmal mehr Kohlekraftwerkprojekte eingemottet als vollendet oder ihr Bau wird endgültig abgebrochen. Die USA und auch die Mitgliedstaaten der EU schalten schon seit Anfang der 2000er Jahre mehr Kohlemeiler ab, als neue ans Netz angeschlossen werden. Und erstmals seit 40 Jahren ist der weltweite Treibhausgasausstoß aus dem Energiesektor nicht gestiegen, obwohl im Jahr 2014 ein Wachstum der Weltwirtschaft von immerhin 3 Prozent zu verzeichnen war.^{23,24}

Es passieren erstaunliche Dinge, wozu im zweiten Halbjahr 2014 auch die Halbierung des Ölpreises binnen weniger Monate gehörte.²⁵ Einfach erklären lässt sich der Einbruch nicht, denn ein dreiprozentiges Wirtschaftswachstum und schwere politisch-militärische Krisen in den wichtigsten Energieregionen der Erde (ein hochbrisanter und ungelöster Konflikt in der Ostukraine, zunehmende Destabilisierung im Nahen Osten unter anderem durch den IS, schließlich die Eskalation des Jemen-Konflikts) ließen eher das Gegenteil erwarten.

Manche Analysten halten die globalen Entwicklungen auf den fossilen Brennstoffmärkten für eine vorübergehende Phase der Verunsicherung, andere jedoch erkennen, namentlich bei der Kohle, schon erste Anzeichen eines endgültigen Abstiegs.²⁶ Während viele Marktbeobachter die Weigerung des größten Ölförderers, Saudi-Arabien, den eigenen Ölausstoß angesichts der abstürzenden Preise zu drosseln, als Strategie zur Schwächung der teurer produzierenden Konkurrenz sehen, gibt es auch eine erstaunliche Zahl ausgewiesener Experten mit dezidiert anderer Meinung. Sie interpretieren die Ölmarkturbulenzen als eine Art vorausseilende Reaktion auf die Ende 2015 möglichen Klimabeschlüsse der UN-Konferenz in Paris – und sehen als deren mögliche Folge das „Ende des Ölzeitalters“ am Horizont heraufziehen.²⁷

Das französische Brokerhaus Kepler Cheuvreux glaubt, dass die fossilen Konzerne wegen der Klimaschutzdebatte und der immer günstigeren Erneuerbaren Energien möglicherweise vor Verlusten von insgesamt 30 Billionen Dollar (30.000 Milliarden Dollar) stehen. Denn ambitionierte Klimabeschlüsse in Paris könnten die fossilen Unternehmen vor ein unauflösbares Dilemma stellen: Wenn die Preise für fossile Brennstoffe niedrig bleiben, ist die aufwändige Förderung aus schwierigen Öllagerstätten auf Dauer unbezahlbar. Wenn die Preise jedoch wieder steigen, könnte dies die Substitution von Öl durch immer kostengünstigere Erneuerbare Technologien insbesondere im Mobilitätssektor beschleunigen.²⁸

Das Forschungs- und Analyseinstitut der Deutschen Bank (Deutsche Bank Research) hängt ebenfalls der These an, dass derzeit „Peak Carbon“ den Ölpreis nach unten treibt und nicht, wie noch vor ein paar Jahren, die Sorge um eine Ölverknappung („Peak Oil“) nach oben.²⁹ Sollte sich die Staatengemeinschaft in Paris zum Ende des Jahres 2015 tatsächlich auf wirksame Klimabeschlüsse zur Einhaltung der Zwei-Grad-Schwelle verständigen oder auch nur spürbar auf einen solchen Beschluss zubewegen, wäre dies in der Tat eine „existenzielle Bedrohung“ für die Ölindustrie, wie sogar der frühere BP-Chef, Lord John Browne, kürzlich eingestand.³⁰ Dann, so Deutsche Bank Research, würde der Wert der Ölkonzerne im Gleichschritt mit dem Wert ihrer Assets einbrechen – mit unabsehbaren Folgen für die globalen Finanzmärkte.

Megatrend 2 Die Energie- zukunft hat schon begonnen

- **Das in Deutschland ersonnene Erneuerbare-Energien-Gesetz ist ein Welterfolg, der Wind- und Sonnenenergie rund um den Globus konkurrenzfähig gegenüber konventioneller Stromerzeugung gemacht hat**
- **Zwischen 2004 und 2014 hat sich die weltweit installierte Photovoltaik-Leistung verfünffzigfacht und die Windenergieleistung verachtfacht**
- **Im Jahr 2013 wurde erstmals mehr erneuerbare Stromleistung auf der Welt neu installiert als fossile und nukleare zusammen**
- **Zwischen 2000 und 2012 flossen 57 Prozent der Neuinvestitionen in Anlagen zur Stromerzeugung in den Erneuerbare-Energien-Sektor, 40 Prozent in fossile und 3 Prozent in Atomkraftwerke**

Die Energiewende, ein deutsches Phänomen? Wenn diese Behauptung je gestimmt hat, dann ist sie längst von der Wirklichkeit widerlegt. Heute starten rund um den Globus immer mehr Länder die Energierevolution. Nach Jahrzehnten lähmender Agonie in vielen Regionen der Welt erleben wir einen sich selbst verstärkenden Prozess. Die entscheidende Frage für Deutschland ist nicht mehr, ob das globale Zeitalter der Erneuerbaren Energien kommt, sondern ob wir dabei weiter eine prägende Rolle spielen.

Das zweite Verdienst ist finanzieller Natur: Die deutschen Stromverbraucher bezahlten über die EEG-Umlage mit ihren Stromrechnungen einen Großteil der Entwicklungs- und Markteinführungskosten dieser globalen Schlüsseltechnologien für das 21. Jahrhundert. Allein für die Photovoltaik schätzt das Öko-Institut die von den deutschen Stromverbrauchern bis 2014 übernommenen „Innovationskosten“ auf 107 Mrd. Euro. Weitere Milliardensummen für andere Erneuerbare-Energien-Technologien kommen noch hinzu.³³ So wurden vor allem Sonnen- und Windenergie auch für weniger wohlhabende Länder erschwinglich. Der deutsche Beitrag war und ist bis heute erheblich. Insbesondere für private Haushalte, die die EEG-Umlage mit ca. 215 Euro/Jahr³⁴ schultern, ebenso wie kleine Gewerbetreibende und solche Unternehmen, die im Gegensatz zu weiten Teilen der Industrie nicht von der Umlage befreit sind. Doch dies ist und war gut angelegtes Geld. Denn die global zu beobachtende Kostenreduzierung von Strom aus Erneuerbaren Energien erweist sich – gänzlich ungeplant – als das erfolgreichste Entwicklungshilfeprogramm, das Deutschland je für die Welt aufgelegt hat. Als Treibsatz für den weltweiten Klimaschutz und die deutsche Exportwirtschaft, aber auch für das Handwerk in Deutschland und die regionale Wertschöpfung kommt es letztlich auch uns selbst zugute.

Die Kostendegression der Erneuerbaren Leittechnologien Photovoltaik und Windenergie führte in den vergangenen Jahren zu einem in diesem Ausmaß von kaum einem Experten vorausgesagten weltweiten Boom. Zwischen 2004 und 2014 hat sich die global installierte PV-Leistung von 3,7 auf mehr 178 Gigawatt³⁵ nahezu verfünffacht, wobei mehr als 60 Prozent des Wachstums allein in den Jahren 2012 und 2014 erfolgte. Die global installierte Windenergieleistung hat sich im selben Zeitraum von 47 auf etwa 370 Gigawatt fast verachtfacht und ist inzwischen die zweitbedeutendste regenerative Stromquelle nach der traditionellen Wasserkraft, die es schon gibt, seit der Strom als Handelsgut „erfunden“ wurde.³⁶

Allein in China kamen im Jahr 2014 mehr als 23 Gigawatt Windenergieleistung hinzu, umgerechnet die Leistung von etwa 20 Atomreaktoren. In Deutschland waren es netto fast 5 Gigawatt³⁷, auch dies ein nationaler Allzeitrekord, in den USA mehr als 4,8 Gigawatt. Aber auch in Schwellenländern wie Brasilien (fast 2,5 Gigawatt) und Indien (mehr als 2,3 Gigawatt) erlebt die Windenergie einen Boom. Und Südafrika mit gerade einmal 10 Megawatt installierter Leistung Ende 2013 startete 2014 regelrecht durch und verfügte zum Jahresende schon über 570 Megawatt Windenergieleistung.³⁸

Weltweit übersprang der Zubau an Windenergiekapazität 2014 erstmals die 50-Gigawatt-Grenze in einem einzigen Jahr, was der Global Wind Energy Council (GWEC) auch für 2015 erwartet.³⁹ Hinzu kommt eine symbolträchtige Wachablösung: Im ersten Halbjahr 2015 übertraf die weltweit installierte Windenergieleistung erstmals die der Kernenergie.^{40, 41}

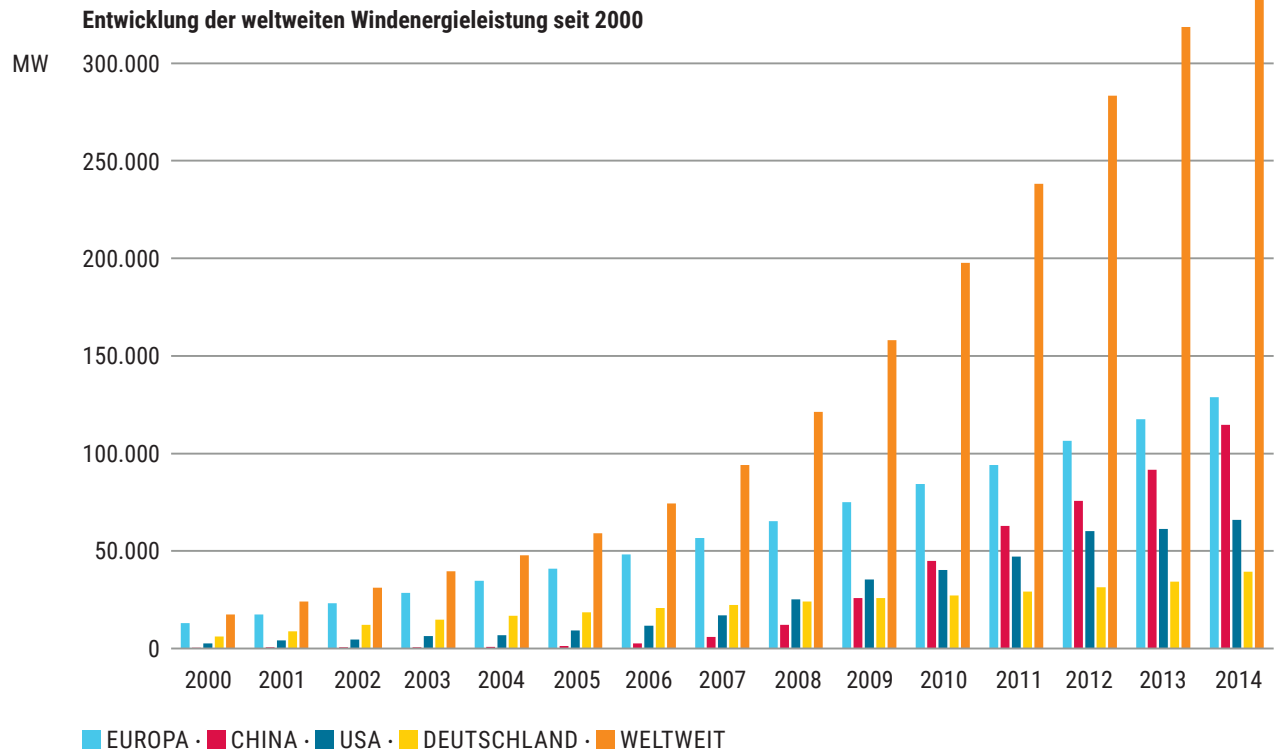


Abbildung 4: Installierte Erzeugungsleistung Windenergie (in MW); Quellen: IRENA, GWEC, eia, 2015

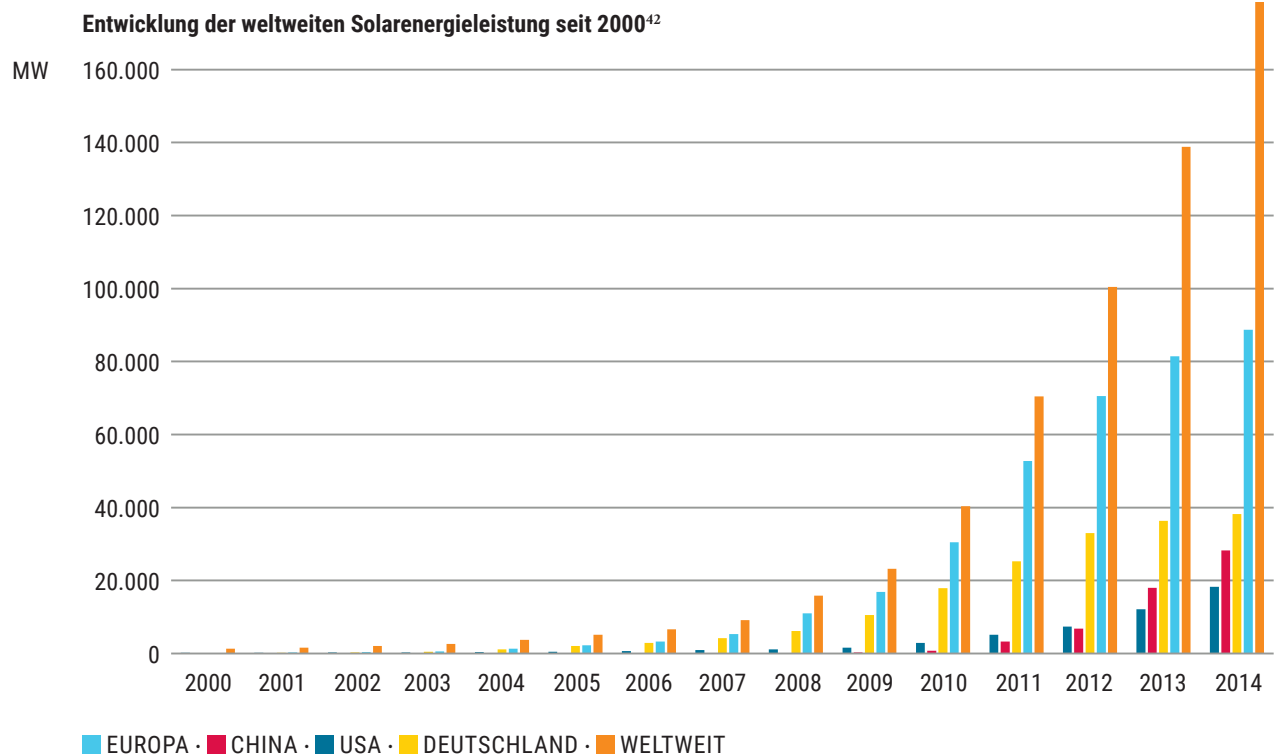


Abbildung 5: Installierte Erzeugungsleistung Solarenergie (in MW); Quellen: IRENA, EPIA, IEA, BMWi, 2015

Die Internationale Energieagentur (IEA) der OECD-Staaten hat ermittelt, dass bereits zwischen 2000 und 2012 weltweit 57 Prozent aller Investitionen in die Stromerzeugung im Bereich Erneuerbarer Energien erfolgten. Knapp 40 Prozent der Investitionen gingen in fossile Kraftwerke und nur noch drei Prozent in die Kernenergie.

Jährliche Investitionen in Stromerzeugung

Investitionen Stromerzeugung	267 Mrd. USD	100,0%
Fossile Energien	106 Mrd. USD	39,7%
davon Kohle	55 Mrd. USD	20,6%
davon Erdgas	46 Mrd. USD	17,2%
Kernenergie	8 Mrd. USD	3,0%
Erneuerbare Energien	153 Mrd. USD	57,3%
davon Wasserkraft	52 Mrd. USD	19,5%
davon Windenergie	43 Mrd. USD	16,1%
davon Photovoltaik	37 Mrd. USD	13,9%
davon Bioenergie	17 Mrd. USD	6,4%

Abbildung 6: Durchschnittliche jährliche Investitionen weltweit im Bereich der Stromerzeugung zwischen 2000 und 2012 inkl. großer Wasserkraft; Quelle: IEA

Im Jahr 2013 wurde zudem weltweit erstmals mehr Stromerzeugungsleistung im Bereich Erneuerbarer Energien – vor allem Sonne und Wind – neu installiert als im konventionellen Segment.⁴³

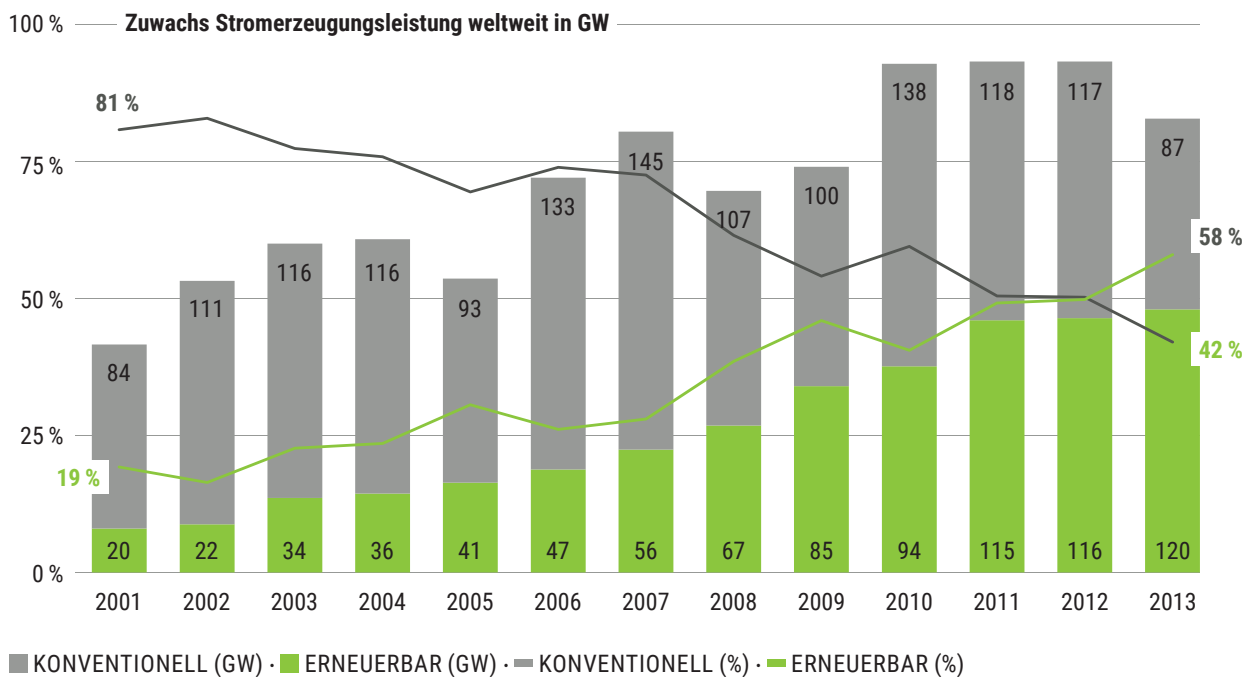


Abbildung 7: Zuwachs Stromerzeugungsleistung weltweit (in GW); Quelle: IRENA, 2015

Global zeigt die Kapazitätsentwicklung von Wind- und Solaranlagen im Vergleich zur Atomenergie seit der Jahrtausendwende, in kaum zu überbietender Deutlichkeit, wo die Zukunft liegt und wo die Vergangenheit.

Neu installierte Erzeugungsleistung Wind, PV, Wasser und Atomkraft weltweit 2000-2014⁴⁴

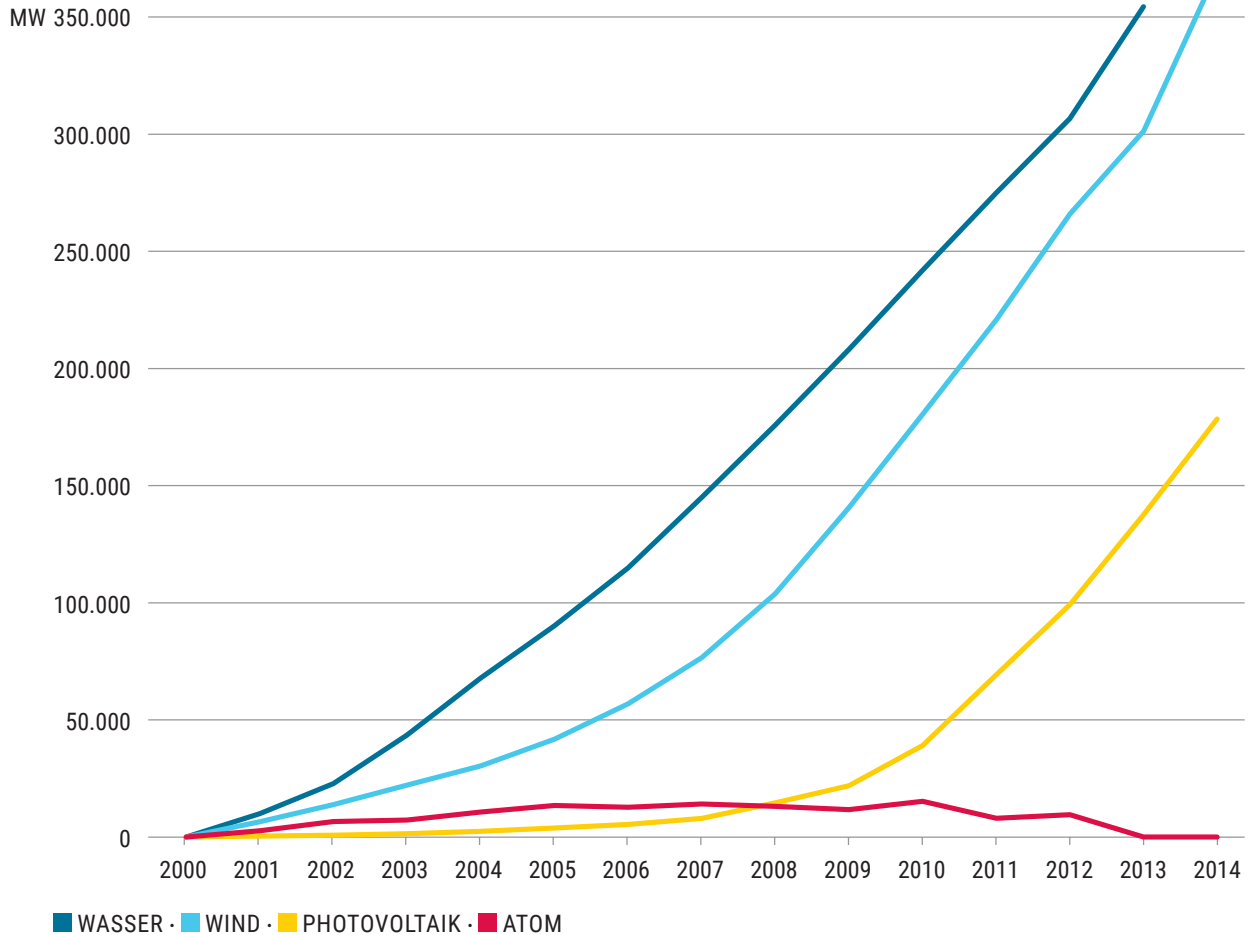


Abbildung 8: Kumulierter Kapazitätszuwachs weltweit (MW); Quelle: IRENA, GWEC, 2015

Die Investitionen in Erneuerbare Energien erlebten in den vergangenen Jahren eine rasante Entwicklung, ein Megatrend, der zwar einerseits gewissen Schwankungen unterliegt, sich aber andererseits völlig unberührt zeigte von der Weltwirtschaftskrise seit 2009. Erkennbar ist deutlich die wachsende Dominanz von Photovoltaik und Windenergie als Hauptträger des beginnenden Transformationsprozesses.⁴⁵

Einer der regionalen Hauptträger der Entwicklung ist zweifellos China, das Land, das seit zwei Jahrzehnten alle verfügbaren Technologien zur Stromerzeugung mit maximaler Geschwindigkeit vorantrieb, um den Energiehunger einer rasant wachsenden Gesellschaft mit fast 1,4 Mrd. Menschen zu stillen. Seit der Jahrtausendwende trieben die Regierungen in Peking zunächst die Atomenergie voran. Heute ist China das Land, das mit Abstand die meisten neuen Reaktoren ans Netz bringt. Doch obwohl der Ausbau der Windenergie erst seit 2009 Fahrt aufnahm, überflügelte die Öko- die Nuklearenergie nicht nur rasch bei der installierten Erzeugungsleistung, sondern im Jahr 2014 auch erstmals bei den erzeugten Kilowattstunden. Seit 2013 deutet sich an, dass nun die Photovoltaik die Entwicklung der Windenergie als wichtige neue Erneuerbare Energie nachvollziehen soll.

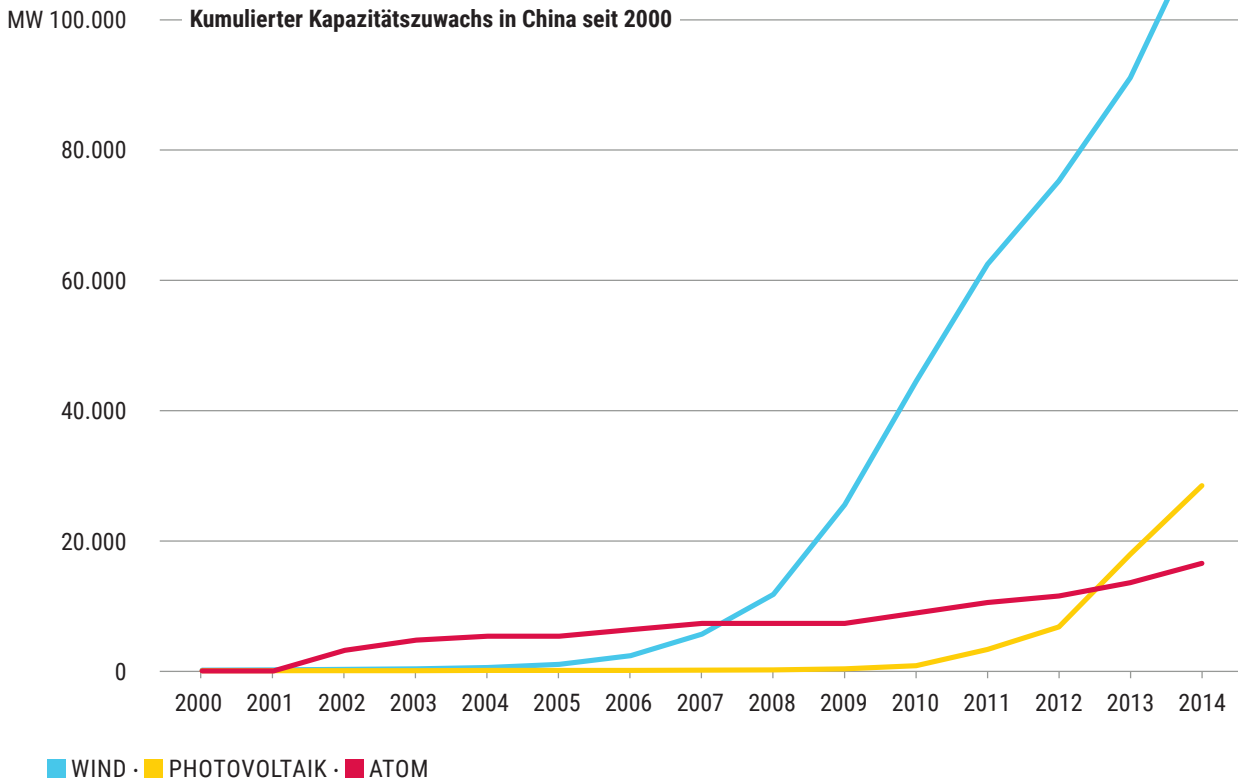


Abbildung 9: Kumulierter Kapazitätszuwachs in China (MW) seit 2000; Quelle: IRENA, 2014

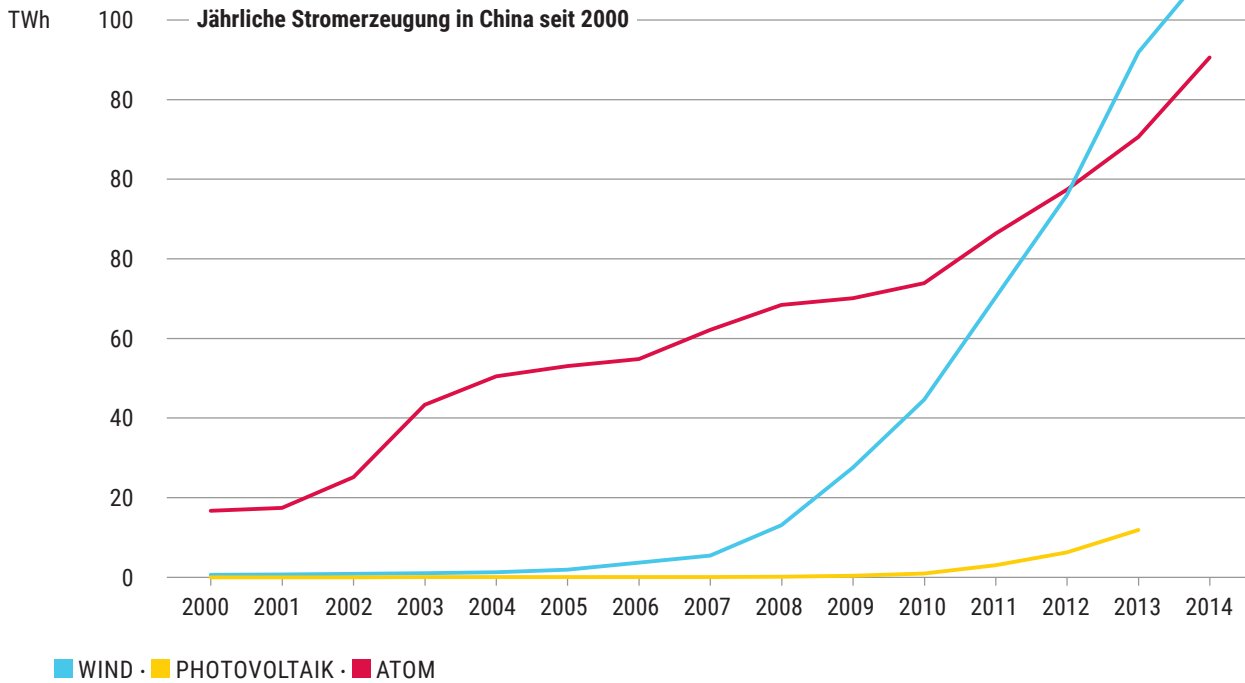


Abbildung 10: Jährliche Stromerzeugung in China in TWh; Quellen: BP, IRENA, 2015

In Indien, dem bisher ganz auf die Kohleverbrennung fixierten Subkontinent, hat der 2014 ins Amt gewählte Premierminister Narendra Modi ein großangelegtes Solarprogramm verkündet. Bis 2022 sollen mindestens 100 Gigawatt neue Solarstromleistung installiert werden, fast dreimal mehr als Deutschland seit dem Start der Energiewende insgesamt geschafft hat. Modi folgt dabei einem weltumspannenden Trend. Nach einer Analyse des weltweiten Netzwerks für Erneuerbare Energien des 21. Jahrhunderts – REN 21 betreiben inzwischen 145 Staaten der Erde eine proaktive Politik zur Markteinführung und -durchdringung der Erneuerbaren Energien.⁴⁶ Das US-amerikanische Beratungsunternehmen Frost & Sullivan geht davon aus, dass sich die global installierte Stromerzeugungsleistung Erneuerbarer Energien binnen zehn Jahren (bis 2025) auf über 3.200 Gigawatt gegenüber 2012 mehr als verdoppeln wird.⁴⁷ Zum Vergleich: In Deutschland waren 2014 etwa 100 Gigawatt konventionelle und 87 Gigawatt erneuerbare Stromerzeugungskapazität installiert.

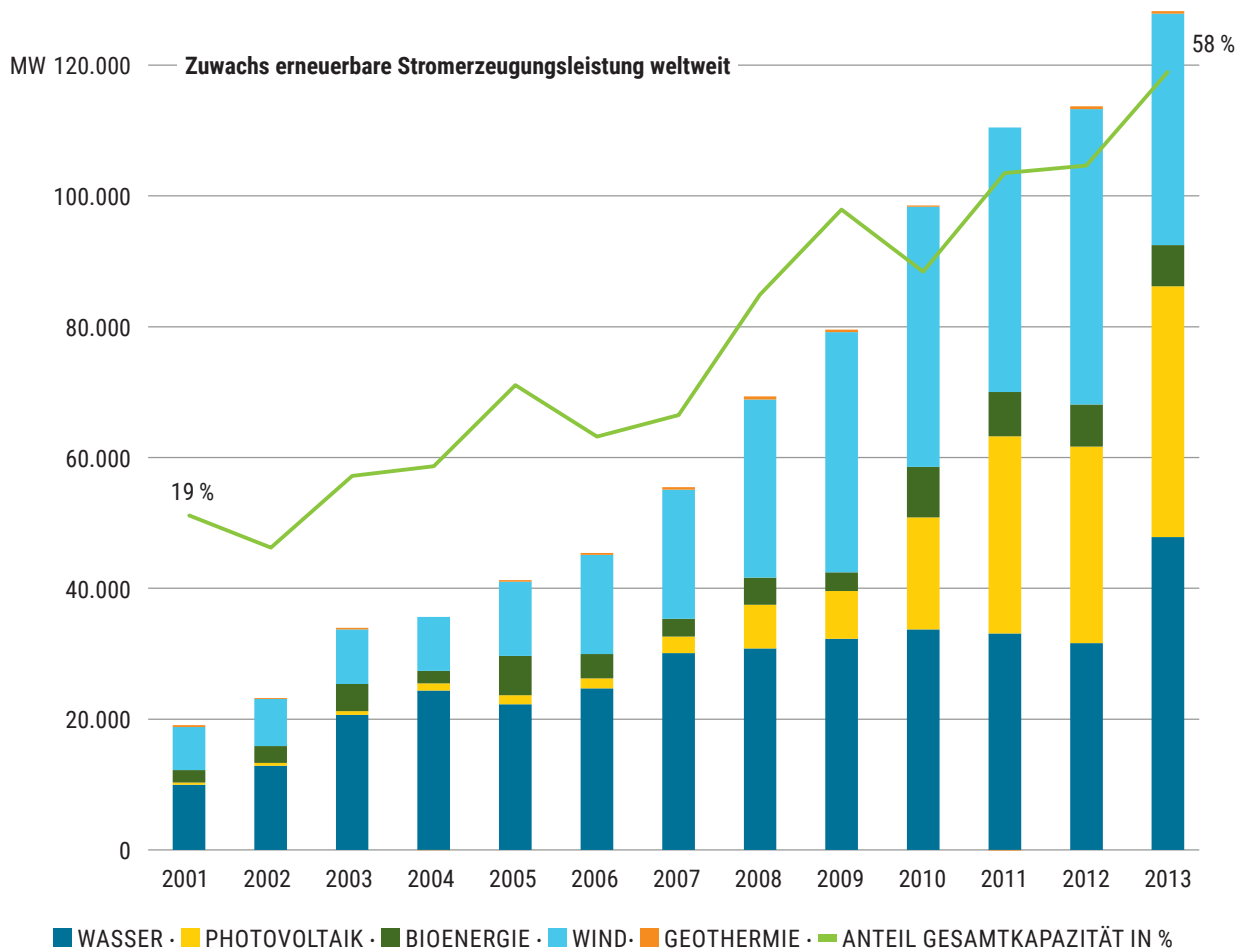


Abbildung 11: Weltweite kumulierte installierte Stromerzeugungsleistung aus Erneuerbaren Energien zwischen 2000 und 2013; Quellen: IRENA, IEA, 2014

Selbst in den USA, bisher oft eher als Blockierer wahrgenommen, ist die Energiewende in voller Fahrt. Das Land hat bei der Geothermie weltweit die Nase vorn und erzeugt noch vor China den meisten Windstrom weltweit. Unter Präsident Obama hat sich die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien verdoppelt. Und, was nur wenige wissen: Die USA waren das erste Land das Erneuerbare Energien durch einen Einspeisetarif gefördert hat – eingeführt schon 1978.

Und Europa? Die EU als Ganzes befindet sich bisher, allen energiepolitischen Fliehkräften zwischen den Mitgliedsstaaten zum Trotz, eindeutig auf einem guten Weg ins Zeitalter der regenerativen Energien. Fast 117 Gigawatt Windenergie wurden seit der Jahrtausendwende neu errichtet und fast 88 Gigawatt Photovoltaik. Die installierte Leistung der Atomkraft ging im selben Zeitraum ebenso zurück wie die von Kohle- und Ölkraftwerken.

Kraftwerkszubau in Europa 2000–2014

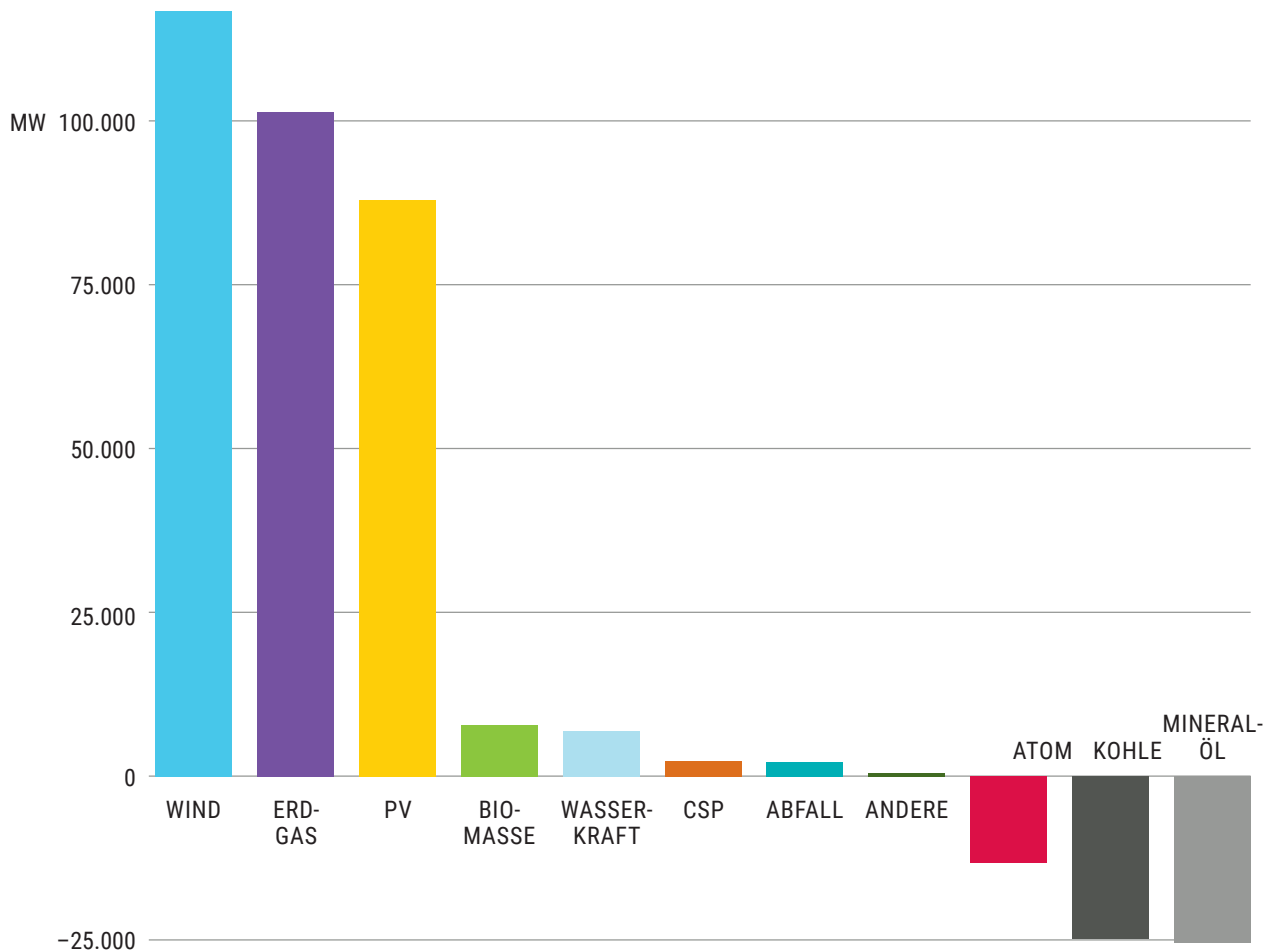


Abbildung 12: Kraftwerkszubau in Europa 2000 bis 2014.⁴⁸; Quelle: EWEA, Annual Statistics, 2014

Und noch eine atemberaubende Statistik aus der Europäischen Union: Zwischen 2000 und 2013 flossen hier etwa 80 Prozent der Kraftwerksinvestitionen in neue Erneuerbare-Energien-Anlagen, 19 Prozent in fossile Kraftwerke und 1 Prozent in die Kernkraft.⁴⁹

Der Zubau neuer Kraftwerke auf Basis Erneuerbarer Energien auf dem alten Kontinent erweist sich also als ebenso beeindruckend wie erfreulich. Aber er ist nicht mehr die Ausnahme in der Welt, sondern die Regel.

Für entspannte Selbstzufriedenheit besteht kein Anlass.

Für die EU und ganz besonders Dauer-Exportweltmeister Deutschland ist von existenziellem Interesse, als Impulsgeber der weltweiten Energietransformation nicht zurückzufallen. Bei der Photovoltaik folgte einem kurzen Boom auch in der Modul-Produktion die Depression. Zigttausende Arbeitsplätze⁵⁰ gingen so schnell verloren, wie sie zuvor entstanden waren. Noch 2009 dominierte Europa den Photovoltaik-Markt mit 80 Prozent des weltweiten Kapazitätszubaues für Solarmodule, 2014 hat sich die Situation komplett umgekehrt. Europa bleiben 20 Prozent. Die Botschaft der Entwicklung: Der Boom geht weiter, notfalls auch ohne Deutschland und die EU.

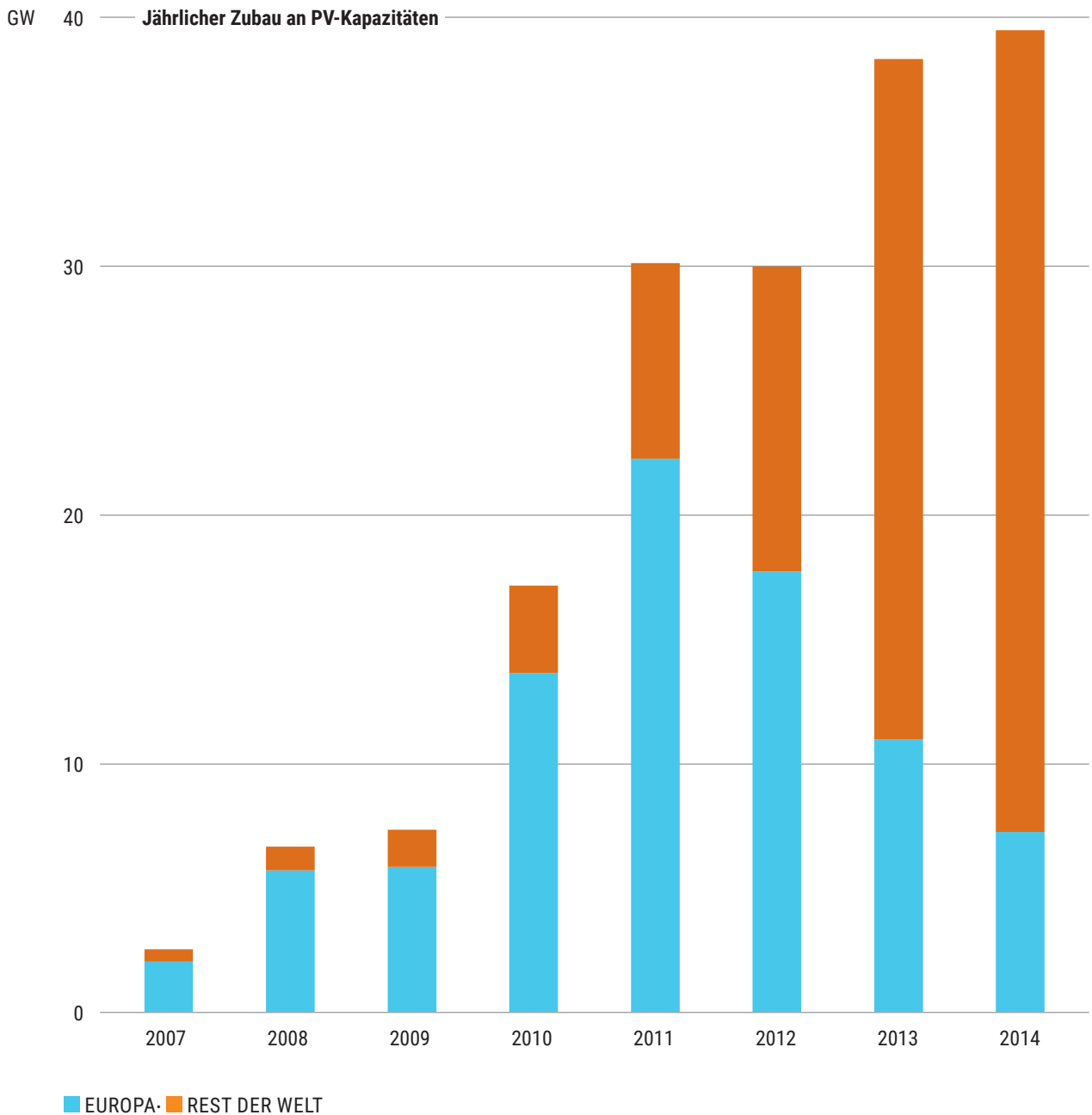


Abbildung 13: Weltweiter Zubau an solarer Stromerzeugungskapazität; Quellen: IRENA, EPIA, 2015

Viele Experten bewerten die Entwicklung bei der Photovoltaik im Rückblick als unvermeidlich, weil Solarmodule binnen weniger Jahre zu einer globalen Handelsware („Commodity“) geworden sind, die in Schwellen- und Entwicklungsländern ebenso oder günstiger hergestellt werden können als im Hightechland Deutschland. Da ist was dran. Doch auch bei anderen neuen Energietechnologien bestimmen ein harter Wettbewerb und die politischen Rahmenbedingungen in den jeweiligen Ländern die Position auf den Schlüsselmärkten der Zukunft.

Deutschland ist nach wie vor stark als Exporteur hochwertiger Komponenten in diesem Sektor, etwa wenn es um Produktionsanlagen, Spezialelektronik und zuletzt auch Softwareprodukte geht. Die Exportquote der deutschen Windindustrie erreicht regelmäßig 66 Prozent.⁵¹ In etwa gleicher Größenordnung liegt auch der Export von Biogasanlagen – mit steigender Tendenz, weil sich die Bedingungen im Inland mit der EEG-Novelle 2014 massiv verschlechtert haben und es einen „Heimatmarkt“ allenfalls noch in Spuren gibt. Bei den Erneuerbare-Energien-Technologien setzt sich also auf einem noch neuen Terrain nahtlos fort, was von jeher der Erfolgsfaktor der deutschen Wirtschaft war: der Export von Maschinen und Anlagen in alle Welt.

Zum Ausruhen auf den Erfolgen der Vergangenheit bleibt keine Zeit. Im Gegenteil: Wurde noch vor wenigen Jahren den Anhängern der Windenergie vorgeworfen, sie wollten Deutschland flächendeckend „verspargeln“, während niemand sonst auf der Welt in eine derart teure und ineffektive Technologie investiere, drehen sich heute nur noch gut 10 Prozent der weltweit aufgestellten Windräder in Deutschland. Die USA erzeugten 2014 rund 175 Terawattstunden Windstrom, China 153, Deutschland 51,4 Terawattstunden. Richtig ist, die beiden konkurrierenden Länder verfügen im Vergleich zu Deutschland über gigantische Flächen. Doch schauen wir auf unseren kleinen Nachbarn Dänemark. Dort stammten 2014 bereits 39 Prozent des gesamten Strombedarfs aus Windenergie⁵², in Deutschland waren es bundesweit gut 10 Prozent. Deutschland ist also weder bei der Stromproduktion noch bei den Anteilen an der Stromerzeugung der Windkraftweltmeister früherer Jahre. Doch als der Zubau im Jahr 2014 etwas überraschend auf einen historischen Spitzenwert von 5.280 Megawatt (brutto) stieg, forderten Wirtschaftspolitiker aus der Union geradezu reflexartig, die Geschwindigkeit der Energiewende politisch zu drosseln.⁵³ Bei der Photovoltaik ist so etwas bereits „gelingen“. 2014 rutschte der Zubau von Photovoltaikanlagen in Deutschland erstmals seit 2008 unter die Zwei-Gigawatt-Marke und erreichte damit nicht mehr den von der Bundesregierung für angemessen gehaltenen Korridor von 2,4 bis 2,6 Gigawatt pro Jahr.⁵⁴ In der ersten Jahreshälfte 2015 setzte sich der rückläufige Trend fort.⁵⁵ Die Solarindustrie erwartet für das Jahr 2015 global einen PV-Rekordzuwachs von etwa 60 Gigawatt PV-Leistung. Der deutsche Anteil am Weltmarkt läge dann bei einem realistischen nationalen Zubau von 1,8 Gigawatt noch bei etwa 3 Prozent.

Megatrend 3

Die Energie- zukunft ist erneuerbar

- **In Deutschland sind die Kosten für Solarstrom seit 2005 um 80 Prozent eingebrochen; vergleichbare Kostenentwicklungen finden überall auf der Welt statt und treiben den Ausbau der Erneuerbaren weiter voran**
- **Windenergie an Land ist derzeit die kostengünstigste der neuen Erneuerbare-Energien-Technologien in Deutschland, die Kosten sinken weiter mit zunehmender technologischer Reife**
- **In sonnenreichen Regionen ist Photovoltaik schon heute eine der günstigsten Technologien zur Stromerzeugung und in vielen Weltregionen auf dem besten Weg, alle konkurrierenden Technologien preislich zu unterbieten**

Unter den Erneuerbaren Energien ist die Photovoltaik zum Symbol einer unterschätzten Technologie geworden. Lange Zeit galt sie als unbezahlbar, unergiebig und so kleinteilig, dass sie nie würde einen erheblichen Beitrag zum enormen Strombedarf eines großen Industriestandorts wie Deutschland leisten können. Hilfreich allenfalls für exotische Anwendungen wie die Stromversorgung von Satelliten oder Raumstationen oder den netzfernen Inselbetrieb abgelegener Forschungsstationen oder Siedlungen. Was für ein Irrtum!

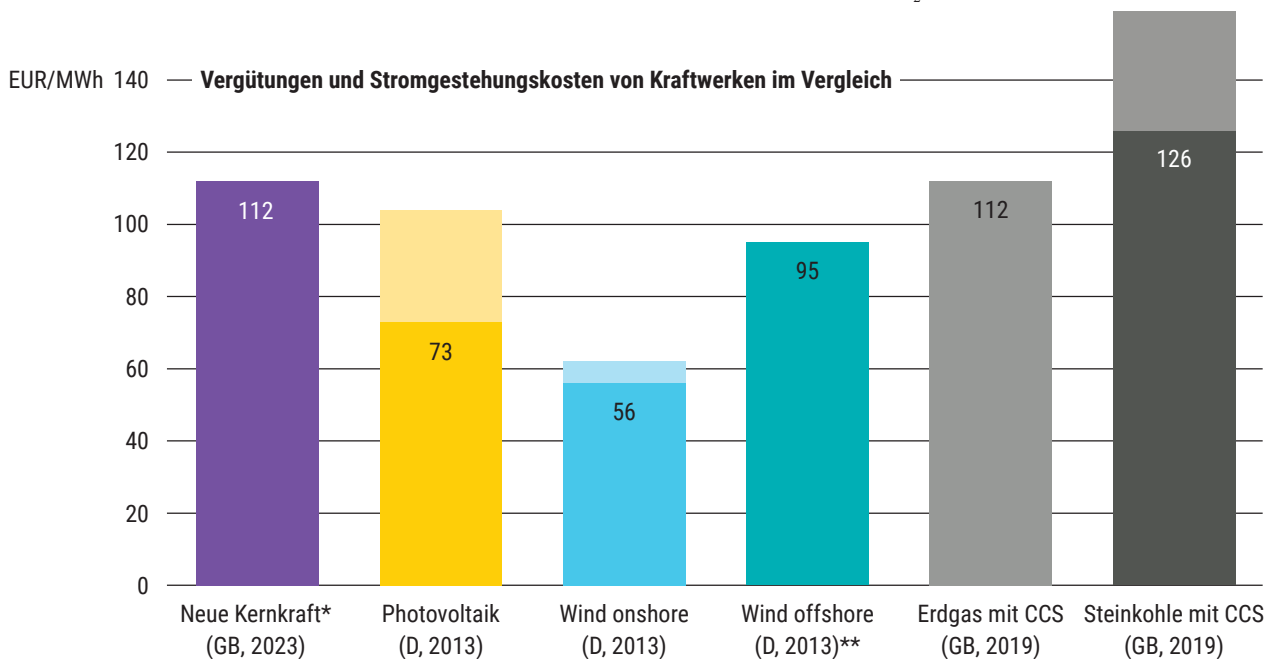
Inzwischen ist die solare Stromerzeugung auf dem besten Weg, alle traditionellen Formen der Elektrizitätsproduktion bei den Kosten zu unterbieten.⁵⁶ In Weltregionen mit guten Rahmenbedingungen, vor allem mit viel Sonnenschein und verlässlichen Investitionsbedingungen, ist es schon heute so weit. Das neue Solarzeitalter beginnt jetzt. Die Internationale Energie Agentur (IEA), jahrzehntelang eher der strukturkonservative Hort der OECD-Staaten gegen strukturelle Veränderungen des weltweiten, fossil-nuklearen Energiesystems, hält es heute für wahrscheinlich, dass Solarstrom allein bis zur Mitte des Jahrhunderts 27 Prozent des weltweiten Strombedarfs decken wird, mehr als jede andere Technologie zur Stromerzeugung.⁵⁷

Während die Kosten für neu errichtete Atomkraftwerke stetig steigen und die Stromproduktion auf Basis fossiler Brennstoffe wegen ihrer Klimawirkungen, ihrer gesundheitlichen und ihrer sozialen Folgen unter immer größerem Druck gerät, befinden sich die Kosten bei der Photovoltaik im freien Fall. Und die Technologie ist weitgehend akzeptiert. Das ist bei der Windenergie nicht überall so, weil sie das Lebensumfeld der Menschen sichtbarer verändert. Aber die reale Entwicklung unterscheidet sich nicht von der des Solarstroms. Der Kapazitätszubau übertrifft auch beim Wind regelmäßig die Prognosen. Sonne, Wind und andere nachhaltige Energietechnologien werden die Stromerzeugung der Zukunft prägen. Erneuerbare Energien sind die Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts.

Sie werden den Strom und die Energieversorgung insgesamt nicht – wie oft befürchtet – verteuern, sondern sobald die Umbauphase bewältigt ist, sogar günstiger machen. Selbst wenn man die Kosten einrechnet, die durch den notwendigen Um- und Ausbau unserer Stromnetze und die Ausbalancierung unsteter Stromquellen anfallen, werden die gesamten Systemkosten nicht höher ausfallen als bei Fortbestand und dem dann notwendigen, schrittweisen Ersatz der alten Energieinfrastruktur.⁵⁸

Umso mehr spart das neue Energiesystem große Summen, wenn man die Folgeschäden einkalkuliert, die eine Weltgesellschaft zu bewältigen hätte, die mit der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas und der Verbreitung der Nukleartechnik weitermachen würde wie bisher. Realistisch wird die Entwicklung hin zu klima- und umweltverträglichen Erneuerbaren Energien durch kaum für möglich gehaltene technologische Fortschritte, den Einstieg in die Massenproduktion und günstige Finanzierungsbedingungen in vielen wichtigen Ländern der Welt.

Der Berliner Thinktank Agora Energiewende hat 2014 die Kosten analysiert, die anfallen würden, wenn sich der Umbau der Energiewirtschaft an den nationalen und internationalen Klimazielen orientiert, sich dabei jedoch auf unterschiedliche, derzeit diskutierte Technologien stützt. Ergebnis: Wind- und Solarenergie sind schon heute die günstigsten Stromerzeugungstechnologien mit niedrigem CO₂-Ausstoß.⁵⁹



* Beihilfevereinbarung: Hinkley Point C agreement

** ohne Netzanbindungskosten

Abbildung 14: Stromgestehungskosten und Vergütungen neuer CO₂-armer Kraftwerke im Vergleich;

Quelle: Agora Energiewende, 2014

Deutschland muss vor diesem Hintergrund nicht nur die eigene Energiewende vorantreiben. Es muss, um als traditionelles Exportland – insbesondere von Energietechnologien – erfolgreich zu bleiben, auch seine eigenen Stärken, seine Produkte, seine Verfahren und Dienstleistungen in die weltweite Entwicklung einbringen.

Kosten im freien Fall

Am stärksten beeindruckt derzeit die Preisentwicklung bei der Photovoltaik, die zu ihren Anfängen mit Erzeugungskosten von rund einem Euro pro Kilowattstunde (kWh) an den Start ging. In Deutschland stürzten die Stromkosten großer Solarkraftwerke zwischen 2005 und 2014 von 43 Ct/kWh auf 8,7 Ct/kWh, also um ca. 80 Prozent regelrecht ab.⁶⁰ Eine vergleichbare Preisentwicklung vollzog sich auch bei Anlagen, die sich deutsche Solarstromfreunde auf ihre Dächer montieren ließen: Die durchschnittlichen Kosten pro Kilowatt installierte Leistung für solche Kleinanlagen schrumpften von 5.100 Euro im Jahr 2006 auf 1.602 Euro 2014. Diese Entwicklung, so viel ist sicher, setzt sich fort. Bis 2025 wird die Kilowattstunde Solarstrom aus großen Photovoltaikanlagen in Europa je nach Sonnenscheindauer nur noch zwischen 4 und 6 Ct/kWh kosten. Bis zur Jahrhundertmitte wird sich dieser Preis nach konservativen Prognosen noch einmal auf 2 bis 4 Ct/kWh reduzieren.⁶¹ Damit ist die Photovoltaik auf dem Weg zur weltweit kostengünstigsten Technologie zur Stromerzeugung.

Dass die Prognosen mehr sind als die berühmten Blicke in die Glaskugel und auch nicht beschränkt auf Deutschland, zeigte ein im Frühjahr 2015 vom staatlichen Energieversorger Dubais erteilter Auftrag an eine saudi-arabische Unternehmensgruppe für eine 200 Megawatt-Solarfarm, die Strom zu einem Einspeisetarif von 5 Euro-Cent pro Kilowattstunde (genau: 5,84 \$Ct/kWh) verkaufen soll.⁶² Es handelte sich vermutlich um den bis dahin niedrigsten Solarstrom-Preis, der weltweit in einem Ausschreibungsverfahren erzielt wurde. Dokumentiert wird der weltweite Preisverfall der Photovoltaik außerdem durch den rasanten Kapazitätsanstieg der vergangenen Jahre in vielen Teilen der Welt.⁶³

Vergütung für PV-Freiflächenanlagen in Deutschland (Ct/kWh)

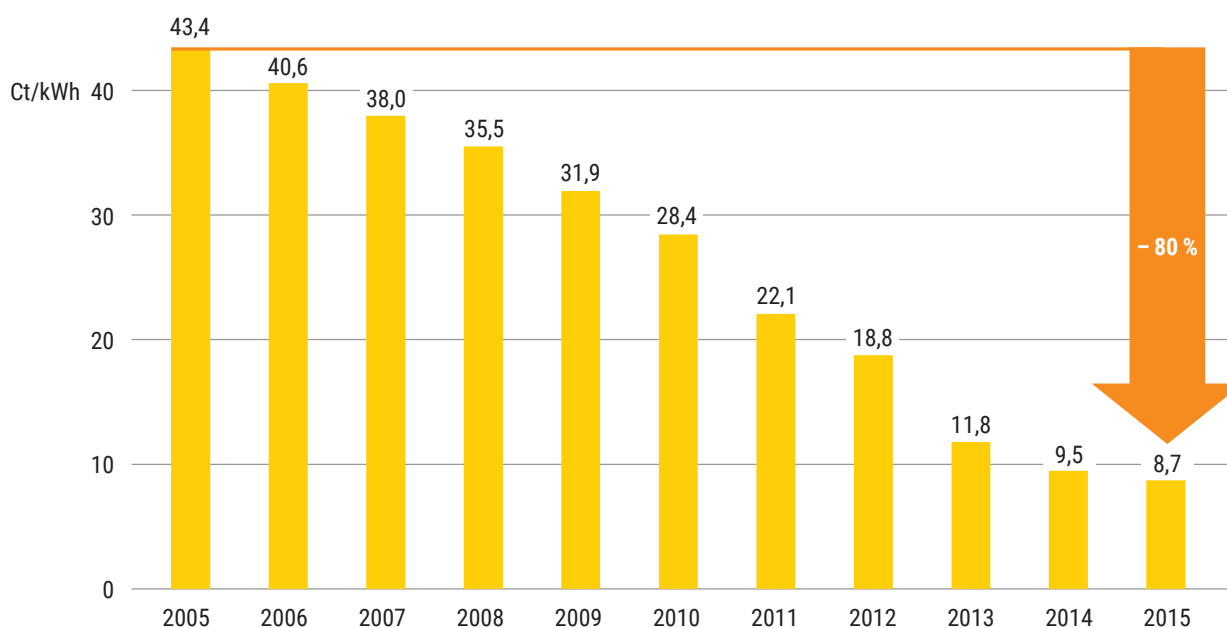


Abbildung 15: EEG-Vergütungssätze für große Photovoltaik-Anlagen; Quellen: Agora Energiewende, Solarförderverein, 2015

Preisentwicklung PV-Dachanlagen in Deutschland

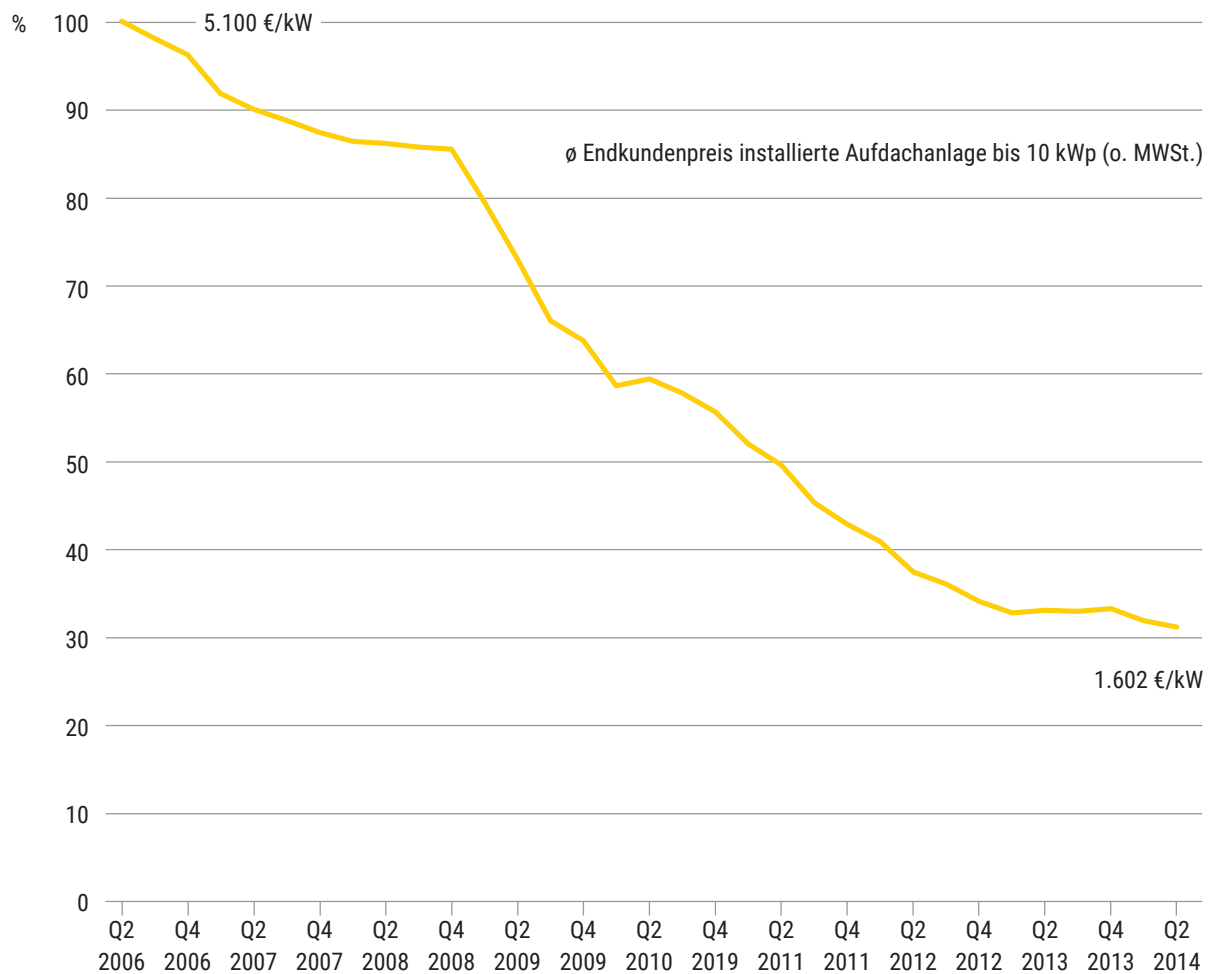


Abbildung 16: Preisentwicklung für Photovoltaik-Dachanlagen bis 10 kWp in Deutschland;

Quelle: BSW Preisindex Photovoltaik, 2014

Neuerdings sind es nicht mehr allein die Verfechter und Profiteure der Energiewende, die der Sonnenenergie eine strahlende Zukunft voraussagen, sondern auch zahlreiche Global Player aus der Banken- und Beraterbranche. 2014 veröffentlichte mit der New Yorker Citigroup eine der größten Banken der Welt einen Report, der der Photovoltaik den Durchbruch prophezeit.⁶⁴

Getrieben dadurch, dass in immer mehr Weltregionen Strom aus der Steckdose teurer wird als eigenerzeugter Strom vom Dach, rechnet die Deutsche Bank auch für private PV-Anlagen mit einem weiter kräftig wachsenden Weltmarkt, der sich auf immer mehr große und mittlere Player in allen Weltregionen stützen könne.⁶⁵ Binnen vier bis fünf Jahren wird sich der Preis für Solardachanlagen nach der Prognose der Banker um weitere 40 Prozent reduzieren.⁶⁶

Selbst wenn man den Prognosen der Geldhäuser, die vor Jahren auch der Atomkraft eine goldene Zukunft vorhergesagt haben, skeptisch gegenüber steht, so bleibt doch wahr, dass die Prognosen bei der Entwicklung der Erneuerbaren bislang stets von der realen Entwicklung mehr als eingeholt wurden.

Kumulierter Kapazitätszubau PV in China

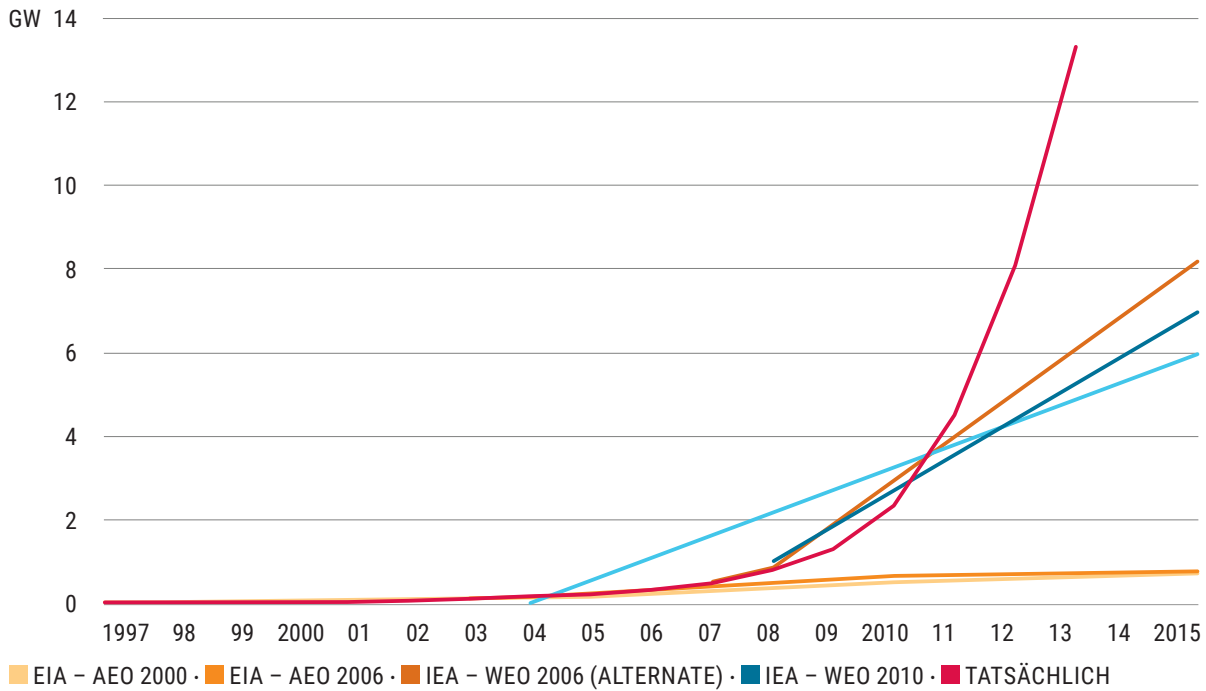


Abbildung 17: Fehlprognosen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in China; Quelle: Meister consultants, 2015

Kumulierter Kapazitätszubau PV in Nordamerika

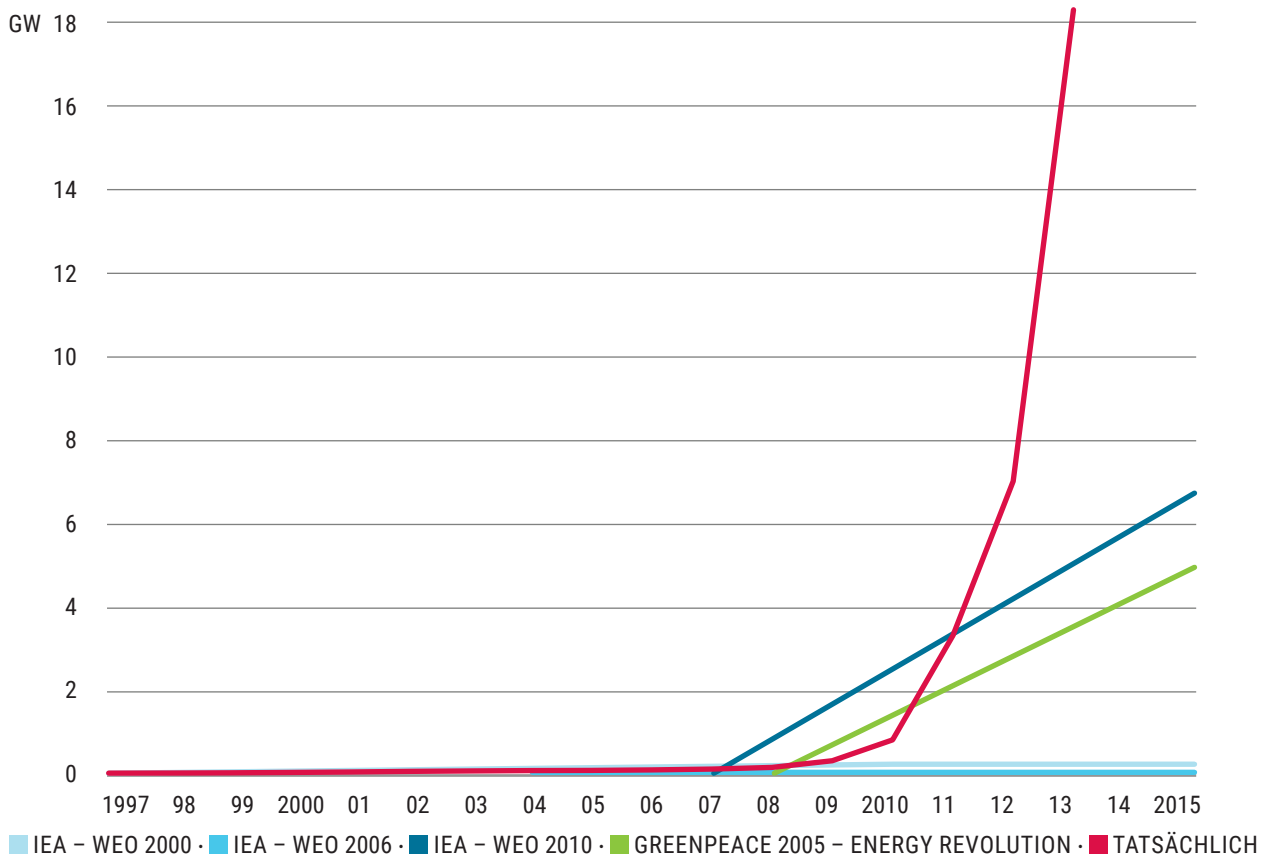


Abbildung 18: Fehlprognosen zur Entwicklung erneuerbarer Energien in Nordamerika; Quelle: Meister consultants, 2015

Die Entwicklung bei der Windenergie ähnelt der der Photovoltaik. In Deutschland und anderen Ländern der Welt, mit oft deutlich höherem Windangebot, ist derzeit noch die landgestützte Windenergieerzeugung die günstigste aller neuen Erneuerbaren Energiequellen. Grund sind vor allem die immensen technologischen Fortschritte seit der Jahrtausendwende. Immer größere und effektivere Rotoren mit höheren Türmen ermöglichen im Jahr 2015 eine Vergütung von Windstrom in Höhe von nur noch etwa 5 bis 9 Ct/kWh.⁶⁷

Der technologische Fortschritt manifestiert sich zunächst in der durchschnittlichen Leistung der jeweils in einem Jahr zugebauten Windenergieanlagen. Sie hat sich binnen 20 Jahren mehr als versiebenfacht.

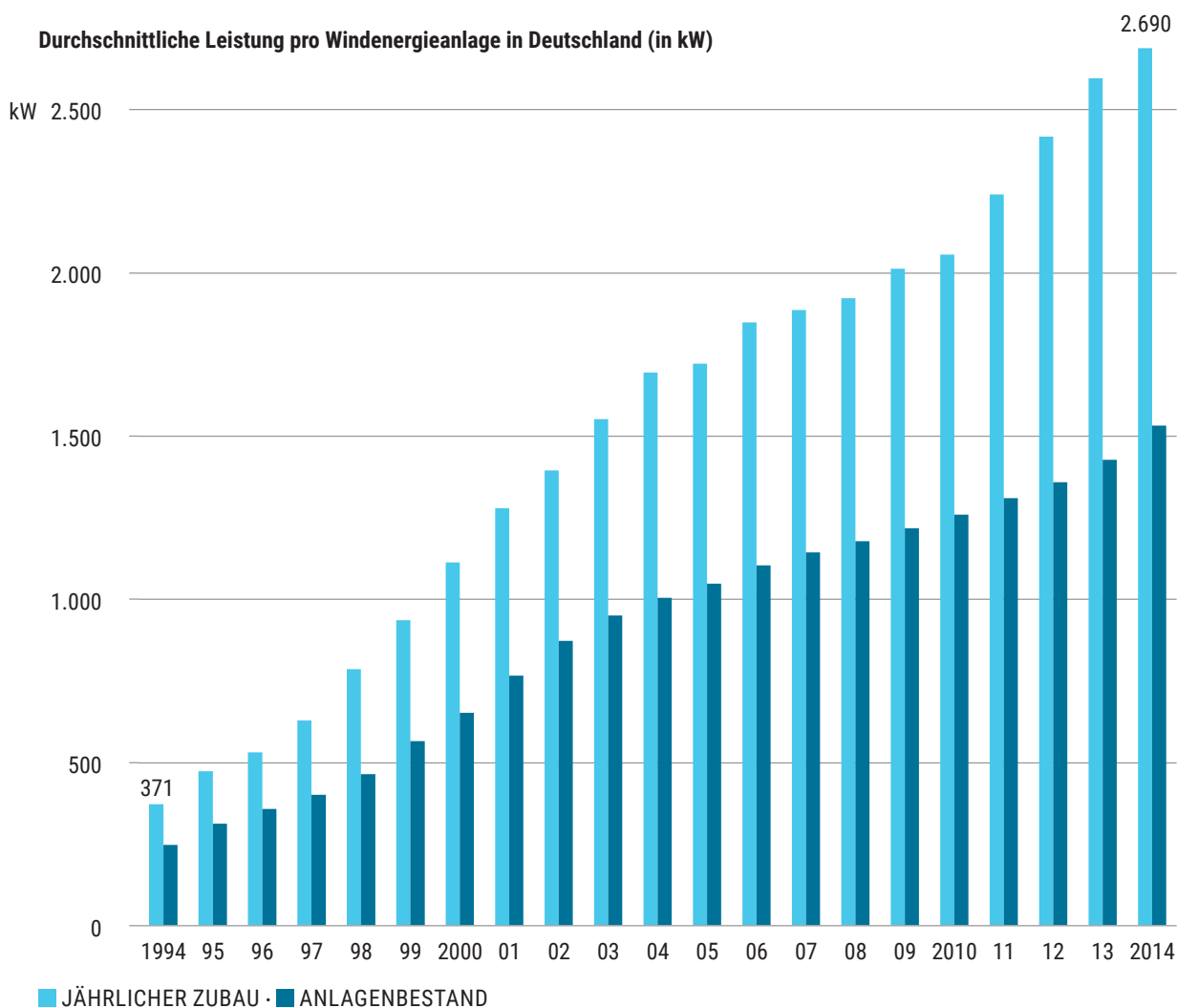


Abbildung 19: Windkraftanlagen sind heute durchschnittlich mehr als siebenmal leistungsstärker als noch vor 20 Jahren, Quellen: DEWI, Deutsche WindGuard, 2014

Der technologische Reifungsprozess zeigt sich aber auch daran, dass die Windenergieanlagen aus einer Einheit installierter Leistung immer mehr Kilowattstunden Strom generieren. In den Trendlinien der nachfolgenden Grafik zeigt sich dieser Sachverhalt daran, dass die Kurve der erzeugten Strommenge deutlich steiler ansteigt als die kumulierte installierte Leistung der Anlagen.

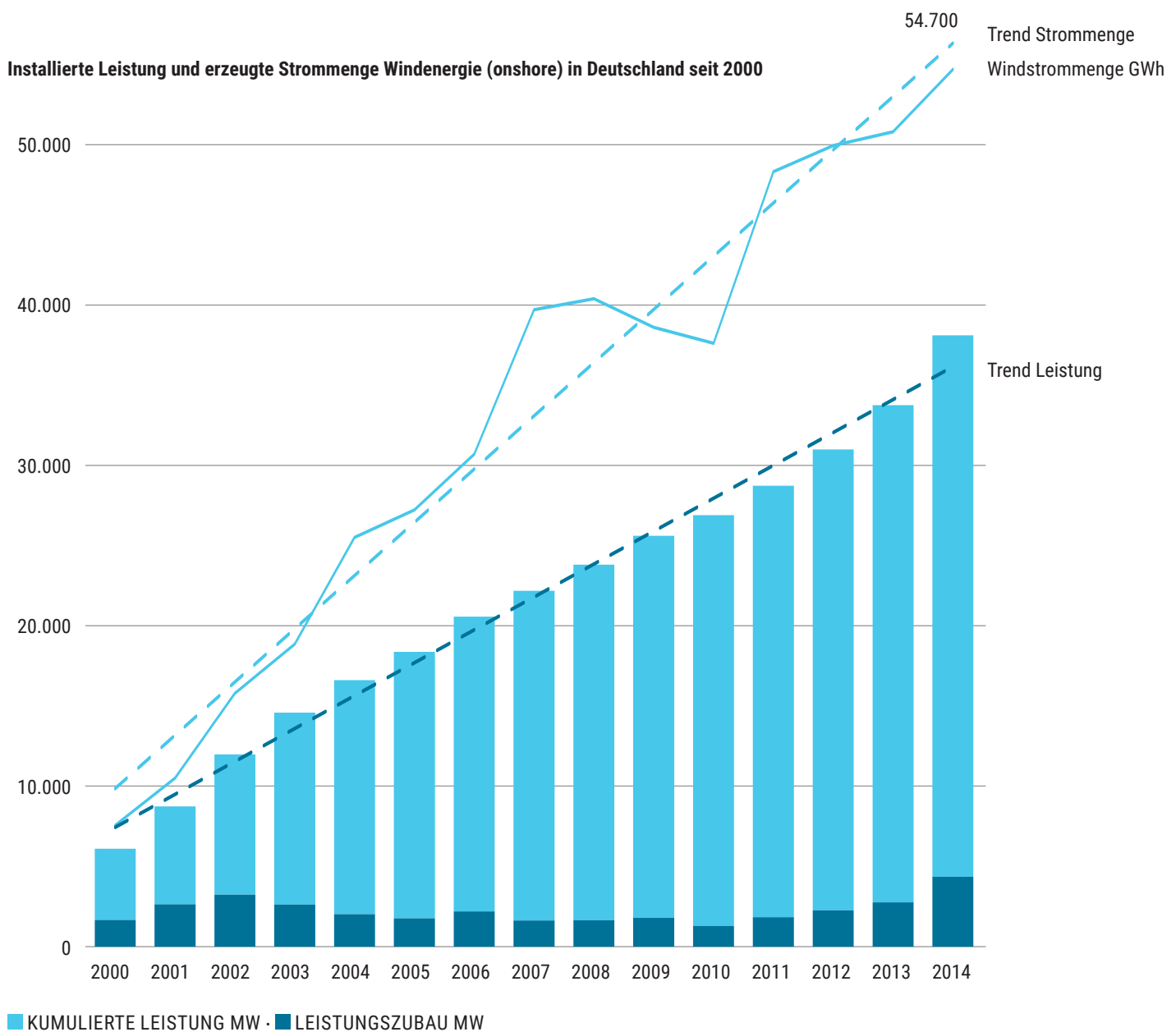


Abbildung 20: Installierte Leistung und erzeugte Strommenge von Windenergieanlagen an Land;

Quellen: BMU/BMWi, DEWI, Deutsche WindGuard, 2015

Offshore-Windenergie, also die Stromerzeugung in großen Windparks auf dem Meer, ist zwar insbesondere vor den deutschen Küsten noch deutlich teurer als Windräder an Land.⁶⁸ In vielen Weltregionen jedoch werden höhere Kosten für die aufwändigere Technik der Offshore-Windräder selbst und der Infrastruktur (Anbindung ans Festland, Wartungskosten etc.) aufgewogen durch das größere und auch stetigere Windangebot auf See. Dort drehen sich die Rotoren an neun von zehn Stunden des Jahres oder mehr und kommen, gemessen an ihrer Maximalleistung, auf 4.000 bis 4.500 sogenannte Jahresvolllaststunden⁶⁹, gegenüber rund 1.800 Volllaststunden bei guten Windverhältnissen im Landesinneren.⁷⁰ Dabei stehen Offshore-Windräder noch ziemlich am Anfang ihrer technologischen Lernkurve. Auch bei ihnen ist also noch mit erheblichen Kostensenkungen zu rechnen.

Megatrend 4

Die Energie- zukunft ist dezentral

- **Die zentrale Energieversorgung in fossil oder nuklear befeuerten thermischen Großkraftwerken kommt nach über hundert Jahren an ihr Ende, weil die damit verbundenen Großrisiken nicht länger tragbar sind und jetzt eine bezahlbare Alternative zur Verfügung steht**
- **Die Stromerzeugung aus Wind und Sonne, aber auch aus anderen Erneuerbaren Energien ist größtenteils dezentral, weil diese Energien flächig und verdünnt anfallen. Die Erzeugung auf Basis Erneuerbarer Energien erfolgt voraussichtlich auch in Zukunft in kleinen und großen Erzeugungsanlagen, die zwar dezentraler sein werden als heute, deren Einsatz in einem Industriestaat mit ausgebauter Infrastruktur jedoch einer zentralen Koordination bedarf**
- **Ein dezentrales und bezahlbares Energiesystem auf Basis von Sonnen- und Windenergie birgt auch das Versprechen auf mehr Wohlstandsgerechtigkeit in der Welt: Die ärmeren Regionen verfügen über die größten Ressourcen**

Bis zur Jahrtausendwende versorgten wenige hundert Großkraftwerke auf Basis von Kohle, Erdgas und Uran Deutschland flächendeckend mit Strom. In allen vergleichbaren Industriestaaten war es ganz ähnlich und auch die großen Schwellenländer verfolgten sehr entschieden diesen seit dem Start der kommerziellen Stromversorgung Ende des 19. Jahrhunderts vorgezeichneten Entwicklungspfad. Auch sie bedienten und bedienen sich der fossilen Brennstoffe, die in erdgeschichtlichen Zeiträumen entstanden sind. Heute verbrennt die Menschheit Jahr für Jahr Mengen an Kohle und Erdgas, die in etwa einer Million Jahren entstanden sind. Das Wissen, dass unsere Erbschaft aus Kohle, Öl und Erdgas endlich ist, hat daran bisher nichts geändert.⁷¹ Im Gegenteil, die Verbrennung der fossilen Rohstoffe stieg bis in die jüngste Vergangenheit unaufhörlich. Inzwischen wird jedoch immer offensichtlicher, dass es nicht die Endlichkeit der fossilen Ressourcen ist, die uns unmissverständlich eine erste Naturgrenze aufzeigt. Vielmehr ist es die Atmosphäre, die die vom Menschen verursachten Treibhausgasmengen nur noch um den Preis einer in der Menschheitsgeschichte beispiellosen Erderwärmung verkraftet.

Bei den bisher dominierenden Brennstoffen zur Erzeugung von Strom – namentlich den fossilen Brennstoffen Kohle, Öl und Gas – handelt es sich um in Millionen Jahren über physikalisch-chemische Prozesse aufkonzentrierte Formen natürlicher (Bio-)Energie. Im Vergleich dazu treffen Sonnen- und Windenergie, die Hauptträger unserer energetischen Zukunft, in ausgesprochen verdünnter Form auf die Erde. Die unmittelbare Folge: Um Sonne und Wind für den wachsenden Energiehunger einer wachsenden Weltgesellschaft nutzbar zu machen, müssen wir diese „verdünnte Energie“ einsammeln. Und weil sie verdünnt ist, brauchen wir dafür große Flächen und Anlagen.

„Small is beautiful“ war und ist ein sympathisches Konzept. Doch heute sind die Anlagen zur Produktion von Strom aus Erneuerbaren Energien häufig beides gleichzeitig: dezentral über das Land verteilt, aber auch unübersehbar groß. Dezentrale Kraftwerke werden insbesondere in den heute nicht elektrifizierten Regionen der Erde eine große Rolle spielen. Große Windparks und solare Freiflächenanlagen sind jedoch voraussichtlich ebenso erforderlich.

Seine Prägung und unübersehbare Differenz zur alten Energieversorgung per Einbahnstraße jedoch erhält das neue Energiesystem, weil seine dezentrale Physik auf eine gesellschaftliche Bereitschaft trifft, die Rolle des reinen Energiekonsumenten zu überwinden. Wohnhäuser und Kleinbetriebe werden zu Kraftwerken, die Strom und Wärme für den Eigenbedarf und für Dritte produzieren. Die Dynamik, mit der dieser fundamentale Paradigmenwechsel in Gang kommt, beruht darauf, dass die technologische Entwicklung es zulässt, und das auch noch zu für immer mehr Menschen erschwinglichen Konditionen. Das ist die Situation, die der Energiewende in Deutschland, allen aufgeregten Diskussionen der letzten Jahre zum Trotz, eine anhaltend stabile Akzeptanz sichert.

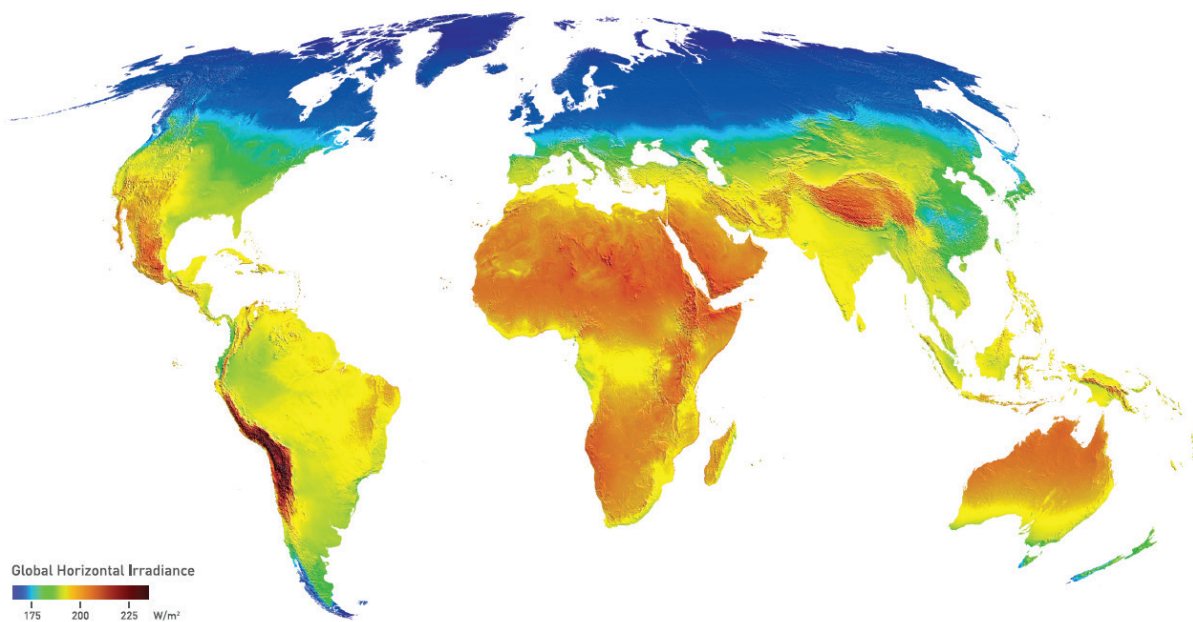
Über den Globus verteilt werden wir in den bevorstehenden Dekaden mit hoher Wahrscheinlichkeit eine gemischte Struktur aus Millionen kleinen Erzeugungseinheiten, buchstäblich für den Hausgebrauch, sehen, eng verknüpft mit mittleren und großen Kraftwerken, ebenfalls auf Basis Erneuerbarer Energien – und je nach den jeweiligen Gegebenheiten und Bedarfen. Es ist die Stärke der neuen Technologien, dass sie beides können, ohne insgesamt an Leistung einzubüßen oder unwirtschaftlich zu werden.

Große Windparks in windreichen und weitgehend menschenleeren Regionen oder auf dem Meer können Windstrom nicht nur kostengünstig, sondern auch über die meisten Stunden des Jahres bereitstellen, was wiederum Kosten für die bis auf weiteres aufwändigere Speicherung von Strom spart. Auch große Photovoltaik-Freiflächen-Kraftwerke liefern die Kilowattstunde Strom kostengünstiger als kleine PV-Dachanlagen auf dem Einfamilienhaus – in Deutschland und mehr noch in vielen sonnenreichen und dünn besiedelten Regionen der Erde. Dort können solare Großkraftwerke – jenseits ohnehin unstrittiger, lokaler und netzferner Inselösungen – gezielt zum Aufbau einer industriellen Infrastruktur eingesetzt werden. Strom aus solchen größeren Solarkraftwerken kann auch die Gesamtkosten für ein weitgehend auf Wind und Sonne basierendes System verringern, das nicht nur Nächte und Wolkenphasen, sondern auch langanhaltende Windflauten zuverlässig und ohne Lieferunterbrechungen überstehen muss. Als wichtigstes Konzept für die langfristige Speicherung gilt hier die elektrolytische Umwandlung von Wasser mittels erneuerbaren Stroms in Wasserstoff oder Methangas, die dann als Brennstoffe für konventionelle Gaskraftwerke die unterbrechungsfreie Stromversorgung sichern.⁷²

Eine Chance für ärmeren Regionen der Erde

Das neue, dezentrale Energiesystem entwickelt sich auch zu einem umfassenden Zukunftsversprechen für die Länder des Südens, die bisher zu den ärmeren Regionen dieser Welt zählen. Wenn die Stromerzeugungskosten weiter sinken, kann die sogenannte nachholende Entwicklung für diese Länder, in denen noch 1,5 Milliarden Menschen ganz ohne Zugang zu jeder Stromversorgung leben, endlich mehr werden als ein uneingelöstes Versprechen. In den vergangenen 20 Jahren hat das globale Bevölkerungswachstum erkennbare Erfolge bei der Elektrifizierung vieler Länder nahezu neutralisiert, berichten Weltbank und Internationale Energieagentur.⁷³ Doch Strom ist ein zentrales Mittel zur Bekämpfung der Armut und darüber hinaus für die Entwicklung von Gewerbe, Handel und Industrie, die für große Teile der Bevölkerung ein Leben in relativem Wohlstand erst ermöglichen.

Nun deutet auch hier alles auf eine Epochenwende: Der Wechsel der Energiebasis macht den Sonnengürtel der Erde plötzlich zu einer privilegierten Zone, wenn es um die Bereitstellung von Elektrizität geht. Die natürlichen Ressourcen stehen gerade in den armen Ländern überreichlich zur Verfügung und ihre dezentrale Allgegenwart muss nicht auf eine großflächig ausgebaute Netzinfrastruktur warten.



21: Globale Sonnenstrahlung: Chance zur Neuverteilung des globalen Wohlstands?;

Quelle: 3TIER by Vaisala, 2014, http://www.3tier.com/static/ttcms/us/images/support/maps/3tier_solar_irradiance.pdf

Die Verbreitung von Solarsystemen zur Befriedigung elementarer Grundbedürfnisse wie Licht, Handy, Radio, Kühlschrank oder auch Maschinen in Betrieben und Krankenhäusern hat bereits begonnen.^{74,75} Aber das kann nur der – zweifellos notwendige – Anfang sein. Denn nachhaltiger Wohlstand entsteht erst, wenn auch in den städtischen Zentren und Metropolen Afrikas oder Südasiens die sich dort entwickelnde Netzinfrastruktur ausreichend und zuverlässig auf Strom aus Erneuerbaren-Energien-Kraftwerken als Alternative zu Dieselgeneratoren zurückgreifen kann, deren Treibstoff meist teuer importiert werden muss. Mit den reichlich vorhandenen natürlichen Ressourcen und der kontinuierlichen Reduktion der Investitionskosten stehen die Chancen dafür besser denn je.⁷⁶ Die Vision ist ein mit dem der Industriestaaten vergleichbares Wohlstandsniveau, das jedoch ohne die „schmutzigen Technologien“ auskommt, auf deren Basis die Entwicklung in den bisher privilegierten Staaten des Nordens basiert. Dafür gibt es seit langem einen Begriff: Leap Frogging. Die sich entwickelnden Länder überspringen die Technologien, die sich andernorts als nicht nachhaltig erwiesen haben.

Der Anteil der Länder des Südens an den Neuinvestitionen in Erneuerbare Energien wächst kontinuierlich, seit PV und Windenergie Jahr für Jahr günstiger zu haben sind. Der Trend in den Industrieländern war, bedingt auch durch die Wirtschaftskrisen in großen Teilen der Welt, nicht so eindeutig. 2012 und 2013 gingen die jährlichen Investitionen hier sogar zurück. Das Ergebnis: 2014 investierten die Industrieländer 139 Mrd. Dollar in Erneuerbare Energien, Entwicklungs- und Schwellenländer 131 Mrd. Dollar. Die Lücke schließt sich. Es ist ein guter Anfang.

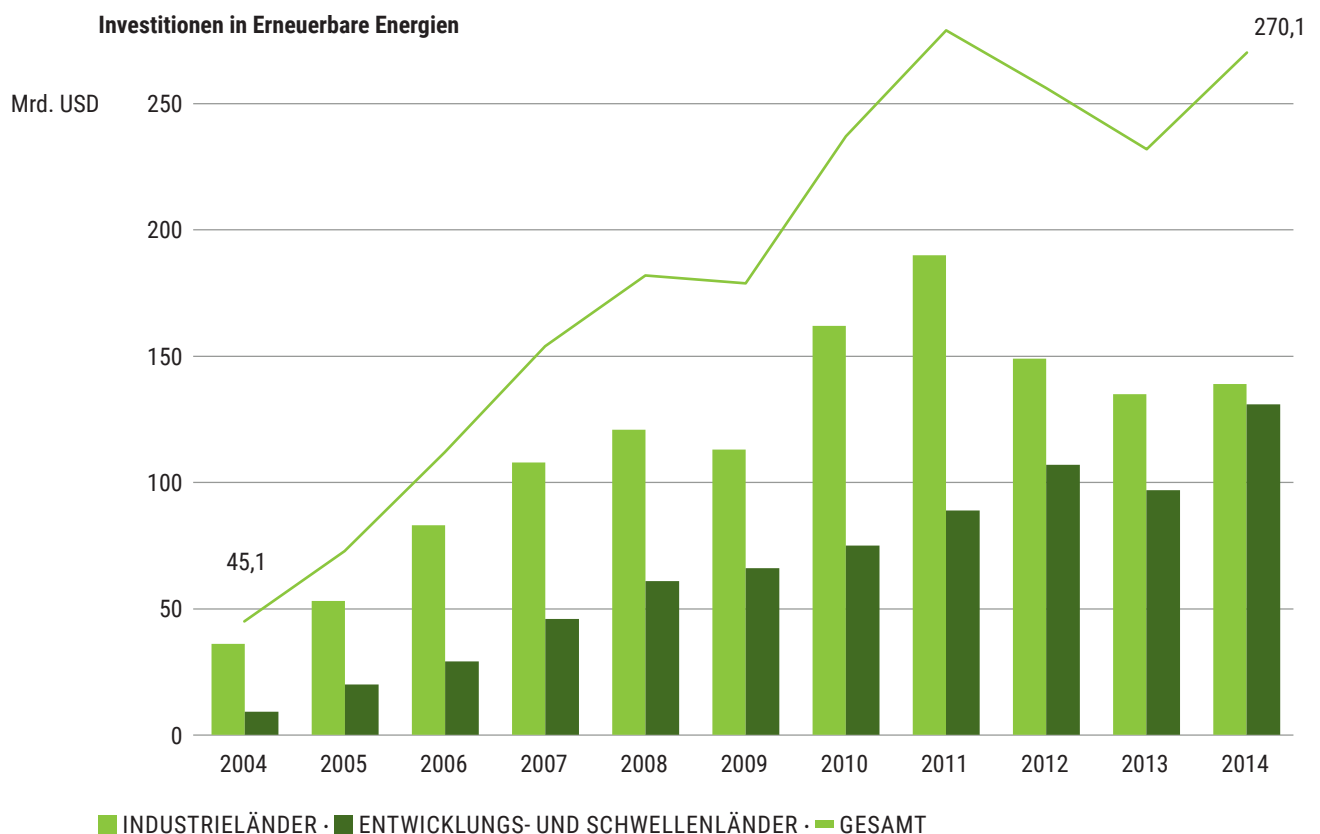


Abbildung 22: Investitionen in Erneuerbare Energien nach Regionen; Quellen: UNEP, Bloomberg New Energy Finance, 2015

Weil in Zukunft nicht mehr nur wenige große Kraftwerke auf Basis der konzentrierten Energierohstoffe Uran, Kohle oder Erdgas die Versorgung mit Strom und Wärme sicherstellen, sondern Millionen kleine und große gemeinsam bedarf es weiterhin zentraler Elemente wie Netze und Anlagen zur Koordination der Millionen Stromerzeuger. In Deutschland produzierten bereits Ende 2014 bei einem Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung von um die 30 Prozent, mehr als 1,54 Millionen PV-Anlagen Strom für das Netz und über 18.000 Windräder.⁷⁷

Neu in Betrieb genommene Erneuerbare-Energie-Anlagen in Deutschland (kumuliert)

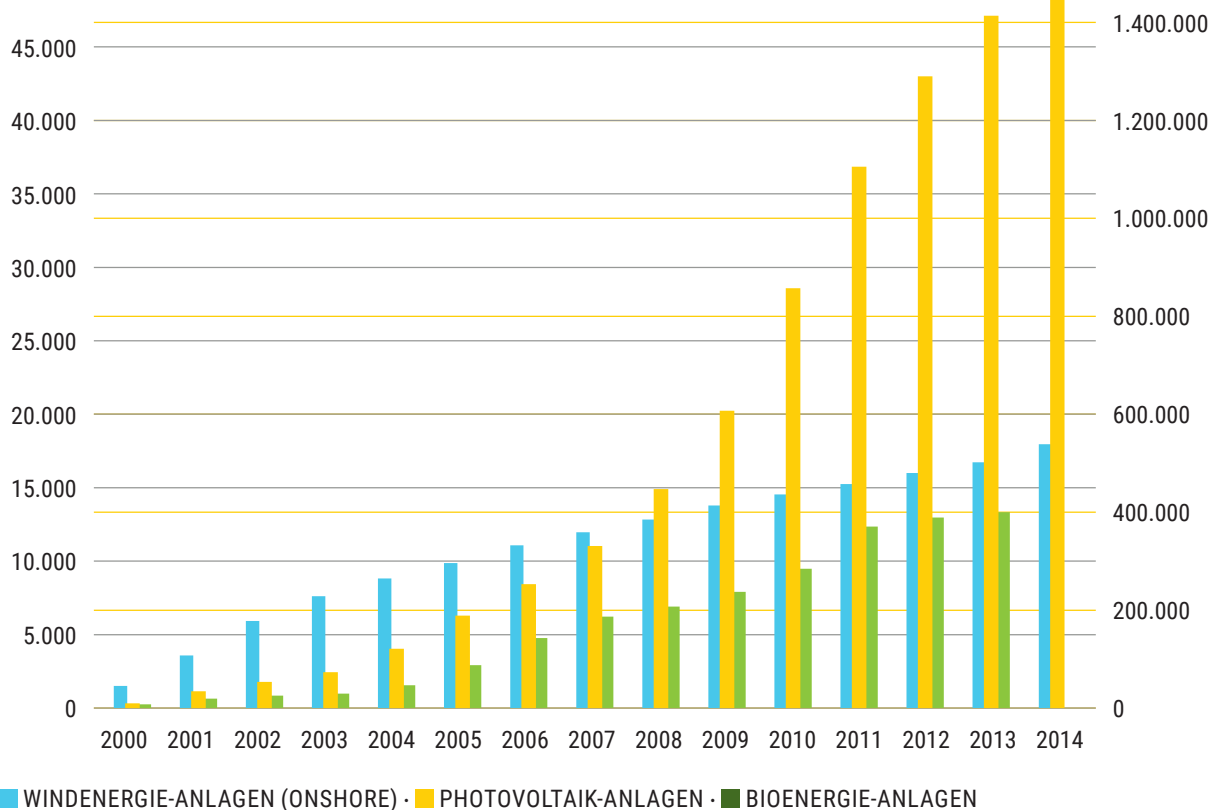


Abbildung 23: Die Millionenwelle: Kumulierter Netto-Zuwachs Erneuerbarer-Energien-Anlagen in Deutschland;
 Quellen: BMWi, ÜNB, 2015

Die Tatsache, dass in Zukunft bei einer nahezu kompletten Versorgung mit Erneuerbaren Energien zu jeder Minute des Jahres der Einsatz mehrerer Millionen Kleinkraftwerke koordiniert werden muss, ist noch längst nicht alles. Es geht buchstäblich um mehr. Denn im Zuge dieses Strukturwandels verschwimmt wie oben beschrieben auch noch die seit über hundert Jahren klar fixierte Grenze zwischen Stromproduzenten und Stromkonsumenten. Diese grundstürzende Veränderung sucht sich schon ihre neuen Begriffe: Ob „Prosumer“, also Menschen die zwischen ihrer traditionellen Rolle als Stromverbraucher und einer neuen als Stromproduzent wechseln, in Zukunft eine von mehreren Säulen des neuen Energiesystems bilden oder es sogar weitgehend prägen, wird die Zukunft zeigen. Klar ist schon jetzt, dass ein derart kleinteiliges Energiesystem, ohne die neuen Informations- und Kommunikationstechnologien, ohne ein „Internet für Energie“ nicht funktionieren kann. Es ist die umfassende Digitalisierung, die den Aufbruch in ein zweites Solarzeitalter erst möglich macht.⁷⁸

Megatrend 5

Die Energie- zukunft ist digital

- **Die flächendeckende Digitalisierung der Energiebranche ist Voraussetzung und Schlüssel für ein zuverlässiges, von den volatilen Erneuerbaren Energien Wind und Sonne geprägtes und dezentrales Energiesystem**
- **Zur Umsetzung der dezentralen Energiewende wachsen IT- und Energiesektor mit dem Ziel zusammen, Energieangebot und Energiebedarf zuverlässig und zu jeder Zeit zur Deckung zu bringen**
- **IT-Plattformen ermöglichen in Verbindung mit dem Internet die automatisierte Koordination und intelligente Steuerung tausender Einheiten zur Stromerzeugung und zum Stromverbrauch**
- **Klassische Energieversorger und neue Unternehmen, die sich als IT- und Energiedienstleister verstehen, konkurrieren bei der Suche nach neuen Geschäftsmodellen im Maschinenraum der Energiewende**
- **Die bevorstehende schnelle Kostendegression bei Batteriespeichern wird die Digitalisierung und Dezentralisierung der Energiewende und ihre Ausweitung auf die Sektoren Mobilität und Wärme weiter beschleunigen**

Je größer der Erfolg und der Anteil der unsteten Energien aus Wind und Sonne an der Versorgung, umso dringlicher stellt sich die Frage: Was, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht? Die Frage ist naheliegend. Die beruhigende Antwort im Jahr 2015 lautet: Alle Technologien und Verfahren zur Lösung dieser fundamentalen Systemfrage sind verfügbar, auch wenn die Perspektive „100 Prozent Erneuerbar“ lautet.

Vielleicht ist die aufregendste Nachricht auf dem Weg in das neue Solarzeitalter deshalb gar nicht die Dezentralität des neuen Energiesystems. Die ergibt sich aus dem Wesen der neuen Schlüsseltechnologien, die unmittelbar in nutzbare Energie umwandeln, was die Natur in Form von Sonne, Wind oder anderen Erneuerbaren Energien anbietet. Vielleicht gebührt die größte Faszination der Tatsache, dass sich auf Basis von Wind und Sonne ein ebenso zuverlässiges Energiesystem aufbauen lässt wie auf Basis von Kohle, Öl, Erdgas und Uran. Die jedem Laien eingängige Behauptung, dass ein System nicht funktionieren kann, wenn es auf Energieformen aufbaut, die nicht jederzeit zur Verfügung stehen, erweist sich nicht nur als zu schlicht, sondern auch als falsch. Das neue System wird den Energiebedarf ebenso zuverlässig bereitstellen wie das alte.

Die Eigenschaft, die die neuen Energietechnologien grundlegend unterscheidet von den hergebrachten, ist ihre „Volatilität“. Der Wind weht erratisch, die Sonne scheint nur tagsüber und selbst das nicht immer. Strom aus Sonne und Wind wird mit ungeahntem Tempo kostengünstiger und wettbewerbsfähig gegenüber der traditionellen Stromerzeugung in fossilen oder nuklearen Großkraftwerken. Aber ein Energiesystem, das diese beiden Technologien in den Mittelpunkt rückt, muss mit der Tatsache umgehen, dass in Zukunft fast immer entweder zu viel oder zu wenig Energie zur Verfügung steht. Die vielleicht größte Herausforderung bei der Errichtung des neuen Energiesystems besteht deshalb darin, Energieangebot und -nachfrage zu jeder Sekunde, zu jeder Stunde, Tag für Tag, Woche für Woche und Jahr für Jahr zur Deckung zu bringen.

Und diese größte Herausforderung, nämlich auch weiterhin Angebot und Nachfrage jederzeit in Deckung zu bringen, bedeutet in der zukünftig regenerativen Energiewelt einen kompletten Systemwechsel. Denn dann wird nicht mehr die Nachfrage das Angebot, also den Kraftwerkseinsatz, bestimmen, sondern die Nachfrage hat dem volatilen Angebot zu folgen. Denn was früher einfach steuerbar war, ist morgen volatil und dargebotsabhängig. Wenn also die Sonne scheint und der Wind weht, steht der Strom in großen Mengen – und in Zukunft sogar im Übermaß – zur Verfügung. Dann heißt es, Verbrauch und Nachfrage zu steigern. Auch müssen Anwendungen geschaffen werden, die Überschussstrom speichern und zu Zeiten zur Verfügung stellen können, in denen die Sonne längst untergegangen ist oder der Wind Pause macht. Diese Prinzipumkehr erfordert maximale Flexibilität, Prognosen und Geschwindigkeit in der Steuerung. Das alles geht nur mit Intelligenz und IT. In der Vergangenheit mussten nur Verbräuche prognostiziert werden. Das war vergleichsweise einfach, zumal sich über die Werktag, die Samstag und Sonntag und statistische Ausgleichseffekte in der Größe des Marktes Verbrauchsmuster herausgebildet haben, die jeden Werktag, jeden Samstag und jeden Sonntag annähernd gleich werden ließen. Es war einfach, die Kraftwerke entlang dieser Erfahrungskurven zu steuern. Diese Einfachheit wird in der regenerativen Welt abgelöst durch vielfältige Einflussfaktoren. Komplexe Steuerungsmechanismen werden notwendig. Denn nicht nur die Summe des Verbrauchs muss weiterhin prognostiziert werden, sondern auch das Angebot. Und dieses wird durch vielfältige Faktoren beeinflusst. Denn zukünftig wird die Erzeugung vom Wetter abhängig sein. Dieses ist regional unterschiedlich und wechselt mitunter schnell.

Die Erzeugungsschwankungen müssen gemessen, die erhobenen Daten übertragen und verarbeitet werden. Da aber die Erzeugung nicht mehr nur in 500 Großkraftwerken stattfindet sondern in Millionen von dezentralen Anlagen, entstehen allein schon hier ganz neue Aufgaben und Herausforderungen. Systeme müssen implementiert werden und miteinander kommunizieren. Die Datenerfassung erfolgt in hoher

Auflösung. Die heute üblichen Viertelstundenwerte bedeuten noch eine vergleichsweise grobe zeitliche Auflösung. Schon bald geht es um Sekundenwerte und Echtzeitübertragung.

Die neue Lage lässt sich am Beispiel der Haushalte am besten erklären: Im „alten Markt“ hatte die Abnahmestelle des Haushaltskunden nur eine Aufgabe, nämlich den Jahresverbrauch des Kunden zu erfassen. In Zukunft wird, wenn der Haushalt über seine eigene Erzeugung, seinen eigenen Speicher und sein eigenes Elektroauto verfügt, nicht nur Strom konsumiert und aus dem Netz entnommen, sondern auch ins Netz eingespeist. Die Anlagen der Haushalte dienen auch der Stabilisierung und Regelung des Netzes. Es werden also verschiedenste Stromflüsse zu erfassen und abzurechnen sein. Und das auch nicht einmal im Jahr sondern viertelstundenweise. Aus einem Wert pro Haushalt pro Jahr werden vier pro Stunde, 96 pro Tag, 2.880 pro Monat und 49.640 Werte pro Jahr. Dass diese nicht mehr wie bisher durch Inanspruchnahme der Hilfe des Kunden per Abschreiben des Zählerstandes an einem bestimmten Stichtag und anschließender Übermittlung per Postkarte erfolgen kann, leuchtet unmittelbar ein.

Die Digitalisierung erlaubt die Fernauslesung von tausenden Werten pro Haushalt. Wenn dann nicht nur Verbrauchs- sondern auch Erzeugungswerte für die Prozesse erfasst werden müssen, wird jeder Haushalt in Zukunft mehr als 100.000 Messwerte pro Jahr liefern. Bei rund 100 Millionen Zählpunkten eine fundamental neue Herausforderung. Milliarden von Daten zu verarbeiten, eindeutig zuzuordnen, zu archivieren und vor allem, ihnen einen energiewirtschaftlichen Sinn zu geben, ist Aufgabe der digitalisierten Energiewirtschaft und der Dienstleister, die hier im Interesse der Kunden Dienstleistungen anbieten und das System funktionsfähig halten.

Der erreichte Reifegrad der neuen Energietechnologien und ihre rasante Kostendegression stehen für Erfolge bei der Hardwareentwicklung der Energiewende. Sie sind die notwendige Voraussetzung für ihr Gelingen. Doch hinreichend wäre das allein noch nicht. Zu einer energiewirtschaftlichen Zeitenwende verdichtet sich der Siegeszug der Erneuerbaren Energien und – nicht zu vergessen – der Fortschritt auf dem Feld der Energieeffizienz erst durch die digitale Revolution, die auch anderswo die Geschäftsmodelle ganzer Branchen in Frage stellt. Es sind nicht nur Quantensprünge auf allen möglichen Feldern der Technologieentwicklung, die die Energiewende vorantreiben, es sind auch die faszinierenden Möglichkeiten ihrer Vernetzung und Steuerung mit Hilfe der neuen Informationstechnologien (neudeutsch: Big Data).

In der Energiebranche stehen wir am Anfang einer Entwicklung, die die in der Telekommunikationstechnologie – vom Festnetztelefon zur allumfassenden individuellen Vernetzung, überall mit allem und mit allen – noch in den Schatten stellen kann. Wir erleben das Zusammenwachsen von Informationstechnologie und Energiesektor. Neue Unternehmen der Energiebranche definieren sich nicht mehr als Energieversorger, sondern in einem viel umfassenderen Sinn als Dienstleister auf dem Feld der Energie. Ihre Geschäftsmodelle basieren auf einer ständig wachsenden Datenmenge und der Fähigkeit, die dezentrale Energieerzeugung ihrer Kunden jederzeit mit ihrem Verbrauch zur Deckung zu bringen. In Wahrheit entwickeln sich diese Unternehmen zu IT-Plattformen, die den Einsatz von Millionen Energieerzeugungsanlagen koordinieren und im nächsten Schritt die bisher weitgehend voneinander getrennten Energiesektoren Strom, Wärme und Mobilität effektiv miteinander vernetzen. Wenn nicht alles täuscht, wird elektrischer Strom in der sauberen neuen Energiewelt zur Leittechnologie auch für den Wärme- und Mobilitätssektor.

„Der Strommarkt wird die erste voll digitalisierte Branche unserer Volkswirtschaft sein“, heißt es sogar in einem Eckpunktepapier des Bundeswirtschaftsministeriums aus dem März 2015.⁷⁹ Ob in einem solchen System auf Dauer überhaupt noch Platz ist für klassische Energieversorger, bezweifeln mehr und mehr Experten. Neue Unternehmen der Energiewirtschaft nennen sich IT- und Energie-Unternehmen oder schließen sich zu Joint Ventures für dezentrales Energiemanagement zusammen. Sie koordinieren Photovoltaik-Module und Windräder mit Wärmepumpen, thermischen Speicher und Batterien für ihre Privat- und Geschäftskunden, die ihrerseits zwischen ihren Rollen als Energieverbraucher und Energieversorger hin- und herpendeln. Das virtuelle Kraftwerk, noch vor zehn Jahren das Codewort für die Fortschrittlichsten der Fortschrittlichen in der Energieszene wird wohl aufgehen in viel umfassenderen IT-Plattformen zur koordinierten Zirkulation von Erzeugung und Verbrauch, die ebenfalls dem Ziel verpflichtet sind, Energieangebot und Energiebedarf zuverlässig und zu jeder Zeit zur Deckung zu bringen.

Während also die Start-ups einer digitalisierten Energiebranche neue Geschäftsmodelle austüfteln und versuchen, mit ihren Angeboten an die Lebensstile einer umfassend vernetzten, von Smartphones und später Smarthomes kulturell geprägten Generation anzudocken, suchen auch immer mehr traditionelle Energieversorger den Anschluss an die neue Zeit. Dabei belassen es manche nicht nur beim Austausch ihrer Erzeugungsbasis – weg von Kohle und Atom hin zu Sonne und Wind – sondern arbeiten ebenfalls an der Vernetzung dezentraler Prosumer, die sich in Zukunft nicht mehr mit ihrer Rolle als Stromabnehmer bescheiden werden.

Für einen Paukenschlag sorgte der größte deutsche Energieversorger Eon, als er im Herbst 2014 verkündete, den Konzern aufzuteilen in ein – allmählich absterbendes? – Unternehmen zur Pflege des Altgeschäfts (Name der „Neuen Gesellschaft“: Uniper)⁸⁰ und die neue Eon für Erneuerbare Energien, Energienetze und Kundenlösungen.⁸¹ Damit war klar, wo auch das bisherige Flaggschiff der deutschen Energiewirtschaft die Energiezukunft sieht und wo die Vergangenheit. Auch hier sind die Deutschen längst nicht mehr allein. In Frankreich, dem Land des Zentralismus und der Atomenergie, vollzieht sich ebenfalls Erstaunliches. Im April benannte sich GDF Suez, der französische Energiekonzern, der sich selbst als größten unabhängigen Stromlieferanten der Welt bezeichnet, um in Engie.⁸² Der neue Name sei das Signal für den Eintritt in die neue Epoche der „Miniaturisierung der Energiewirtschaft“, sagte Gérard Mestrallet, der langjährige Chef des Stromkonzerns. Und: „Die neue Ära ist dezentral, ohne Kohlenstoff und digitalisiert.“⁸³

Welche Technologien und Methoden wann angewandt werden müssen, um das Energieangebot von Sonne und Wind zu jeder Zeit mit dem Energiebedarf zur Deckung zu bringen, wird in diesen Jahren entschieden. Sicher scheint: Es wird nicht nur eine Methode und nicht nur eine Technologie sein, die die Lösung für alles liefert. Die Zauberworte der neuen Energiewelt jedoch stehen schon fest: Sie heißen Flexibilität und Vernetzung, Effizienz und Vielfalt – und alles zusammen funktioniert nur, weil die digitale Revolution als Mutter aller Megatrends ihre intelligente Kombination ermöglicht. Das funktioniert umso besser, je mehr es gelingt, die bisherigen Grenzen zwischen den Energiesektoren Strom, Wärme und Mobilität aufzubrechen und die Bereiche miteinander zu verknüpfen.

Dabei helfen eng geflochtene Verteilnetze, aber auch große, transnationale Übertragungstrassen zum Stromferntransport, weil sich die unstete Stromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik über größere geografische Verteilung besser ausgleicht, weil konventionelle Kraftwerke und zunehmend auch Energiespeicher für unterschiedliche Zwecke in den verbundenen Regionen und Staaten gemeinsam und so effizienter genutzt werden können.

Nicht nur die Energieversorger erleben einen Umbruch ihrer technologischen und logistischen Basis. Auch die Energienutzer treten ein in eine neue Welt des Umgangs mit dem Lebensmittel Energie. Sie werden sich in ihrem Verbrauchsverhalten mehr und mehr dem Angebot anpassen und Strom vorrangig dann abnehmen, wenn er im Überfluss vorhanden und deshalb preisgünstig zu haben ist und nicht zu Zeiten von Knappheit und hohen Preisen. Das gilt für Unternehmen mehr noch als für private Stromverbraucher.⁸⁴

Lange galt das Problem der Stromspeicherung als Achillesferse der Energiewende. Weil sie technisch aufwändig ist, weil das neue System für die kurze, die mittlere und die lange saisonale Frist jeweils unterschiedliche Speicherlösungen benötigt, weil sie alle als zu teuer galten und die Politik nach erheblichen Strompreissteigerungen für private Stromverbraucher, Gewerbetreibende und einen Teil der Industriebetriebe in den vergangenen Jahren vor weiteren möglichen Kostenschüben zurückschreckte. Doch inzwischen kommt Entlastung von zwei Seiten. Zum einen bringen eine verbesserte und neu regulierte Marktsteuerung und der Um- und Ausbau der Stromnetze Entlastung – das System braucht weniger Speicher und auch die erst bei hohen Marktanteilen von Wind und Sonne. Zum anderen wird insbesondere Batteriespeichern eine Kostenentwicklung prophezeit, die an die bei der Photovoltaik bereits eingetretene erinnert.

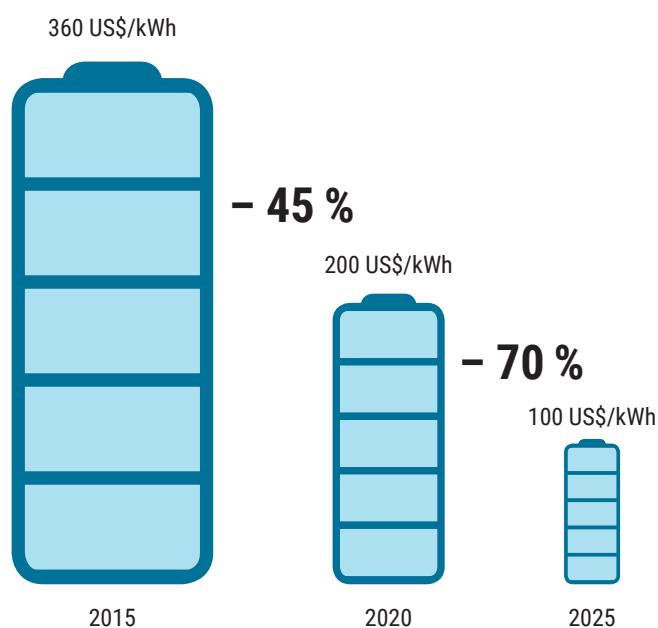


Abbildung 24: Erwartete Kostendegression für Lithium-Batterien; Quelle UBS, 2014

Die Schweizerische Großbank UBS sieht Photovoltaik in Kombination mit Batterien und Elektroautos als disruptive Technologie, die schon bald sowohl den Energiemarkt als auch den Automarkt kräftig aufmischen werde. Die Massenproduktion von Batterien für den stationären und den Mobilitätssektor führt nach Überzeugung der UBS-Forscher in der Batterietechnik sehr schnell zu ähnlichen Preisstürzen, wie wir sie bei der Photovoltaik erlebt haben. Damit sei auch das Problem der Volatilität der Solarstromspeisung weitgehend gelöst, glauben die UBS-Analysten – jedenfalls sofern es die Sektoren Haushalt und Gewerbe betrifft. Private solare Energie- und Mobilitätssysteme mit der Photovoltaikanlage auf dem Dach, der Lithium-Batterie im Keller und dem Elektroauto vor der Tür würden sich überall da schnell und auch ohne Subventionen durchsetzen, wo Strom und Benzin teuer sind (also zum Beispiel in Deutschland) und sich solche Systeme mithin schnell amortisieren.

Die Erwartung, dass mit Batterien kombinierte Erneuerbare Erzeugung schneller als angenommen zu einem Massenphänomen werden könnten, erhielt Anfang Mai 2015 durch eine Ankündigung des kalifornischen Elektromobil- und Batterieherstellers Tesla neuen Auftrieb. Tesla stellte einen neuen Batteriespeicher für Haushalte, Gewerbe und mittelständische Unternehmen vor. Die Powerwall Home Battery soll privaten und gewerblichen Kunden vor allem helfen, selbst erzeugten Solarstrom optimal zu nutzen. Das System wird, wie die künftigen Batterien für Tesla-Elektromobile, in der neuen „Gigawattfabrik“ gefertigt werden, die Tesla derzeit gemeinsam mit Panasonic in Nevada errichtet, und erheblich kostengünstiger angeboten werden als bisherige Hausbatterien auf Lithium-Ionen-Basis.^{85, 86}

Überschussstrom zu sonnigen und windigen Zeiten wird also voraussichtlich im neuen Energiesystem nicht lange Überschussstrom bleiben, sondern sich schnell neue Nutzer und Anwendungen suchen. Der Strom vom Dach kann die Batteriespeicher der Elektroautos oder Hausbatterien aufladen, um damit Wärmepumpen zu betreiben oder die Häuser effizient und klimaneutral zu heizen. Mit vergleichsweise klimaschonendem Erdgas betriebene energieeffiziente (Block-)Heizkraftwerke, die der Gebäudeheizung oder der Bereitstellung von industrieller Prozesswärme dienen und nur nebenbei Strom produzierten, werden zusätzlich mit Wärmespeichern und großdimensionierten „Tauchsiedern“ zur Nutzung von überschüssigem Strom (neudeutsch: „Power-to-Heat“) ausgestattet, um am Ende Strom und Wärme passgenau dann liefern zu können, wenn sie wirklich gebraucht werden.

Die Autoren der erwähnten UBS-Studie verschweigen nicht, dass es nach ihren Analysen beim Übergang in das dezentrale Energiesystem Verlierer und Gewinner unter den Energieversorgern geben werde. Verlierer werden demnach eher die großen Unternehmen mit dem Schwerpunkt ihrer Stromerzeugung in zentralen und unflexiblen Kraftwerken sein, Gewinner kleinere flexible Verteilunternehmen mit vielen Kunden und Kundenzugängen und der Möglichkeit, Dienstleistungen rund um das Thema Energie und orientiert an vielfältigen Kundenbedürfnissen anzubieten.

Ausblick

Es liegt in der Natur von Megatrends, dass sie sich nicht sprunghaft ändern. Wäre es anders, wären sie keine. So verhält es sich auch mit den hier identifizierten, weltweit zu beobachtenden Entwicklungen auf den Energiemärkten. Die beschriebenen Megatrends verweisen auf epochale Veränderungen, die sich nicht mehr zurückdrehen lassen. Wie in Deutschland, einem der wichtigsten Startpunkte der globalen Energiewende, geht es inzwischen auch im Weltmaßstab nicht mehr um das Ob der Energiewende, sondern nur noch um das Wie. Und um das Wann.

Das allerdings ist entscheidend. Denn das Schicksal der Menschheit und mit ihr der natürlichen Umwelt, wie wir sie kennen, hängt an der Frage, wann und wie schnell wir den Klimawandel auf ein von und für den Menschen kontrollierbares und erträgliches Maß begrenzen und weitere verheerende Atomkatastrophen wie in Tschernobyl oder Fukushima vermeiden.

Dass die Erneuerbaren Energien und der effiziente Umgang mit ihnen die Zukunft sind, steht außer Frage. Sie sind weitgehend entwickelt und haben ihre Tauglichkeit hinreichend bewiesen. Nicht entschieden ist, ob die neuen, risikoarmen Technologien die Weltenenergieversorgung so vollständig übernehmen und die nachhaltige Energieversorgung sich so weltumspannend durchsetzt, dass das Ergebnis ein global nachhaltiges Energiesystem sein wird. Ein Energiesystem, das das Potenzial hat, die Welt friedlicher zu machen und gerechter. Von der Sache her spricht alles dafür. Doch die Beharrungskräfte der alten Interessen sind nach wie vor mächtig und einflussreich. Sie haben viel zu verlieren.

Deshalb ist die globale Energiewende auch jetzt, wo sie unübersehbar zu einer Weltbewegung wird, kein Selbstläufer. Für ihr Gelingen bedarf sie überall einer entschiedenen, klugen, durchsetzungsfähigen und schließlich auch wachsamem Politik. Und einer Zivilgesellschaft und fortschrittlicher Unternehmen, die die Politik beharrlich treiben. Selbst dann bleibt die Energiewende vor allem ein Wettlauf mit der Zeit. Sein Ausgang betrifft und beantwortet die ganz großen Fragen: Zum Beispiel die, ob eine wachsende Menschheit in einer globalisierten Welt, trotz der Vielfalt widerstreitender Interessen in der Lage ist, in existenziellen Fragen angemessene Richtungsentscheidungen zu treffen. Es geht fraglos um welthistorische Entwicklungen. Nicht nur bei der bevorstehenden Weltklimakonferenz in Paris. Aber auch da. Für die eigene Generation und für alle nachfolgenden.

- 1 BDEW, BDEW-Energiemonitor 2015 – Das Meinungsbild der Bevölkerung (Noch nicht im Netz, GR); <http://www.wiwo.de/politik/deutschland/allensbach-umfrage-hohe-zustimmung-fuer-energie-wende/10037578.html>; <http://unendlich-viel-energie.de/presse/nachrichtenarchiv/2014/92-prozent-der-deutschen-wollen-den-ausbau-erneuerbarer-energien>
- 2 IAEA, Power Reactor Information System (PRIS), 20.05.2015; <http://www.iaea.org/pris/>;
Die Statistik der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) ist insofern geschönt, als die Organisation die große Mehrzahl der japanischen Reaktorblöcke, die infolge der Fukushima-Katastrophe seit Jahren stillstehen, als „in Betrieb befindlich“ qualifiziert, obwohl niemand weiß, wie viele der Kraftwerke jemals wieder angefahren werden.
- 3 Vgl. BP Statistical Review of World Energy, Juni 2014; <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Wahr ist aber auch: Mehr Treibhausgase als Deutschland stoßen nur fünf der 196 UN-Staaten aus: China, USA, Indien, Russland und Japan.
- 4 Gemäß BP Statistical Review of World Energy erzeugten im Jahr 2013 die USA rund 17 Prozent und die Volksrepublik China 27 Prozent – zusammen also 44 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen.
- 5 Die IAEA wurde 1957 als UN-Sonderorganisation zur weltweiten Förderung der zivilen Nutzung der Kernenergie gegründet. 1974 prognostizierte sie für das Jahr 2000 eine weltweite elektrische Kernenergieleistung von 4.450 Gigawatt (IAEA Jahresbericht, Wien 1974). In der Realität erreichte sie niemals auch nur ein Zehntel dieses Werts. Im Juni 2015 lag die installierte Leistung aller Atomkraftwerke laut IAEA bei etwas mehr als 379 Gigawatt; <http://www.iaea.org/pris/>
- 6 Hier nur als Beispiele <http://www.mc-group.com/wp-content/uploads/2015/03/MCG-Renewable-Energy-Revolution-Additional-Projections.pdf>
- 7 Elias Hinckley: Historic moment: Saudi Arabia sees End of Oil Age coming and opens valves on the carbon bubble, energypost, 22.01.2015. <http://www.energypost.eu/historic-moment-saudi-arabia-sees-end-oil-age-coming-opens-valves-carbon-bubble/>
- 8 Hanns Günther Hilpert, Kirsten Westphal: Ölpreisbaisse – Konsequenzen für Wirtschaft, Geopolitik und Energiewende; SWP-Aktuell 32, Berlin April 2015.
- 9 Ambrose Evans-Pritchard: Oil industry on borrowed time as switch to gas and solar accelerates, The Telegraph, 20.08.2014. http://www.telegraph.co.uk/finance/comment/ambroseevans_pritchard/11046842/Oil-industry-on-borrowed-time-as-switch-to-gas-and-solar-accelerates.html
- 10 <http://www.wwf.de/2015/februar/bundesbuenger-gegen-kohle/>
<http://www.lichtblick.de/medien/news/?detail=324&type=press>
- 11 Der Hurrikan Katrina verwüstete 2005 New Orleans, tötete etwa 1.800 Menschen und richtete an der Golfküste Schäden in Höhe von etwa 108 Milliarden US-Dollar an.
- 12 Siehe hierzu unten unter Megatrend 1.
- 13 ... die allerdings für die fossile Stromerzeugung mangels aktuellerer Daten schon 2012 endet.
- 14 Ludger Arnoldussen, Peter Höpfe: Relevance of changing weather patterns. München 20.10.2014 http://www.munichre.com/site/corporate/get/params_E-1397260355_Dattachment/972311/2014-10-20-Munich-Re-Press-release-Presentation.pdf
- 15 http://www.preventionweb.net/files/44281_19802014paketweltusdd4zu3.pdf
- 16 The Telegraph-Interview 25.06.2000: Sheikh Yamani predicts price crash as age of oil ends. <http://www.telegraph.co.uk/news/uknews/1344832/Sheikh-Yamani-predicts-price-crash-as-age-of-oil-ends.html>
- 17 Christophe McGlade, Paul Ekins: „The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2°C“, Nature, Vol 517, P. 187-190 (January 2015).
- 18 www.Gofossilfree.org
- 19 Rockefeller Brothers Trust, Pressemitteilung vom 22.9.2014 „Fund Announces Plans to Divest from Fossil Fuels“; <http://www.rbf.org/post/fund-announces-plans-divest-fossil-fuels>
- 20 <http://www.theguardian.com/environment/2015/jun/05/norways-pension-fund-to-divest-8bn-from-coal-a-new-analysis-shows>
- 21 Christine Shearer, Nicole Ghio, Lauri Myllyvirta, and Ted Nace: „Boom and Bust – Tracking the Global Coal Plant Pipeline“, Coalswarm/Sierra Club, März 2015 http://action.sierraclub.org/site/DocServer/Coal_Tracker_report_final_3-9-15.pdf?docID=17381
- 22 Justin Guay (Sierra Club): „China’s Coal Consumption Has Finally Decreased“, CleanTechnica, 2014; <http://cleantechnica.com/2014/08/26/chinas-coal-consumption-finally-decreased/>
- 23 IEA, „Global energy-related emissions of carbon dioxide stalled in 2014“, Paris 13.3.2015 <http://www.iea.org/newsroomandevents/news/2015/march/global-energy-related-emissions-of-carbon-dioxide-stalled-in-2014.html>
- 24 Emissionsreduktionen gab es zwar schon des Öfteren, doch stets nur nach erheblichen Einbrüchen der globalen Wirtschaftsleistung.

- 25 Bis Mai 2015 stieg der Ölpreis wieder leicht an, liegt aber immer noch etwa 40 Prozent unter dem Wert vor Jahresfrist.
- 26 Mike Corones, „Is coal's decline permanent?“ 6.1. 2015; <http://blogs.reuters.com/data-dive/2015/01/06/is-coals-decline-permanent/>
- 27 Elias Hinckley, „Historic Moment: Saudi Arabia sees End of Oil Age coming and opens valves on the Carbon bubble“, 22.1.2015; <http://www.energypost.eu/historic-moment-saudi-arabia-sees-end-oil-age-coming-opens-valves-carbon-bubble/>
- 28 Giles Parkinson, „Fossil fuels face \$30 trillion losses from climate, renewables“, 28.4.2015; <http://reneweconomy.com.au/2014/fossil-fuels-face-30-trillion-losses-from-climate-renewables-11465>
- 29 Rineesh Bansal, Stuart Kirk: „Peak carbon before peak oil“, DB Research Konzept, Januar 2015, S. 19; https://www.dbresearch.com/PROD/DBR_INTERNET_EN-PROD/PROD000000000349119/Konzept+Issue+02.pdf
- 30 Critical Resource: Lord Browne calls for stronger industry action on climate. London, November 2014. <http://www.c-resource.com/lord-browne-calls-for-stronger-industry-action-on-climate-change/>
- 31 Von der rot-grünen Bundesregierung, aber schon damals mit Unterstützung von Parlamentariern aller im Bundestag vertretenen Fraktionen.
- 32 Vgl. REN 21.
- 33 Felix C. Matthes, Markus Haller, Hauke Hermann, Charlotte Loreck, Vanessa Cook (Übersetzung): Konzept, Gestaltungselemente und Implikationen eines EEG-Vorleistungsfonds. Gutachten für den Rat für Nachhaltige Entwicklung, S.4. (Berlin 2014); <http://www.oeko.de/oekodoc/2013/2014-599-de.pdf>
- 34 Gerechnet auf einen Durchschnittshaushalt mit 3.500 kWh Jahresverbrauch bei 6,17 Ct/kWh EEG-Umlage ab 2015.
- 35 European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook 2014–2018; http://www.epia.org/fileadmin/user_upload/Publications/44_epia_gmo_report_ver_17_mr.pdf; Prognose für 2014 gemäß ZSW et. al, Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014 - Vorhaben Ilc Solare Strahlungsenergie (Stand: 04/2014); <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/XYZ/zwischenbericht-vorhaben-2c,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- 36 Global Wind Energy Council, Global Wind Statistics 2014, 04/2015; http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/03/GWEC_Global_Wind_2014_Report_LR.pdf
- 37 Der Nettozubau bei der Windenergie an Land betrug 4,385 GW. Zusätzlich gingen 2014 Offshore-Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 0,529 GW neu ans Netz; Deutsche Windguard, Windenergie-Statistik für 2014; <http://www.windguard.de/service/knowledge-center/windstatistik/jahr-2014.html>
- 38 Vgl. GWEC (Fn. 22).
- 39 GWEC: Global Wind Report 2014 – Annual market update; Istanbul, 02.04.2015; <http://www.gwec.net/publications/global-wind-report-2/global-wind-report-2014-annual-market-update/>
- 40 GWEC: Global Wind Energy Statistics 2014, Brüssel, 10.02.2015; http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/02/GWEC_GlobalWindStats2014_FINAL_10.2.2015.pdf
- 41 Anm.: Der Positionswechsel hat vor allem symbolischen Charakter. Er zeigt wo die Zukunft liegt und wo die Vergangenheit. Allerdings wird aus Kernenergie noch einige Jahre deutlich mehr Strom erzeugt werden als aus Windenergie, weil deren Rotoren sich nur drehen, wenn der Wind weht, und Atomkraftwerke rund um die Uhr, die meiste Zeit des Jahres Strom produzieren.
- 42 IRENA, Data and Statistics, Renewable Energy Capacity; <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/>
- 43 Vgl. International Renewable Energies Agency IRENA: Rethinking Energy 2014 – Towards a new Power System. Abu Dhabi 2014; http://www.irena.org/rethinking/Rethinking_FullReport_web_view.pdf
- 44 The World Nuclear Industry Status Report 2014; <http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201408msc-worldnuclearreport2014-hr-v4.pdf>
- 45 Eine gewichtige Rolle unter den Erneuerbaren Energien spielt daneben nach wie vor die sogenannte „große Wasserkraft“, die aber, weil sie schon seit der Frühzeit der kommerziellen Stromerzeugung eingesetzt wird und meist mit großen ökologischen Belastungen verbunden ist, in der Regel nicht zu den „neuen Erneuerbaren“ gezählt wird. Allerdings leisten große Wasserkraftwerke entlang von Fließgewässern oder in Verbindung mit Stauseen einen nicht unerheblichen Beitrag zum Klimaschutz.
- 46 REN 21 – Renewable Energy Policy Networks, „Renewables 2014 – Global Status Report“, S.14; <http://www.ren21.net/Portals/0/documents/e-paper/GSR2014/index.html>
- 47 Frost & Sullivan, „Photovoltaic, Wind and Hydro Star as Top Renewables“, London, 26.01.2015; <http://ww2.frost.com/news/press-releases/photovoltaic-wind-and-hydro-star-top-renewables-finds-frost-sullivan/>
- 48 EWEA, „Wind in Power – 2014 European Statistics“ <http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2014.pdf>
- 49 Vgl. International Energy Agency IEA: Special Report, World Energy Investment Outlook, 2014, S. 162; <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEIO2014.pdf>

- 50 Allein 2013 gingen in der Solarbranche fast 50.000 Arbeitsplätze verloren.
- 51 Nach Angaben des Bundesverbands Windenergie (BWE) lag die Exportquote der deutschen Windenergiehersteller in den Jahren 2010–2012 jeweils zwischen 66 und 67 Prozent.
- 52 In absoluten Zahlen bedeutet das für Dänemark: Aus 4.855 MW installierter Windleistung wurden 13,08 TWh Strom erzeugt (2014)
- 53 Michael Fuchs, Joachim Pfeiffer: Förderung von Windkraft an Land läuft aus dem Ruder – Zubau der Erneuerbaren wirksam steuern; Pressemitteilung der CDU-Bundestagsfraktion, 29.01.2015.
<http://www.cdu-ig-bw.de/pressemitteilungen/944-dr-joachim-pfeiffer-foerderung-von-windkraft-an-land-laeuft-aus-dem-ruder>
- 54 Bundesnetzagentur: Einspeisevergütung für Photovoltaik-Anlagen sinkt nur um 0,25 Prozent; Pressemitteilung 30.12.2014. http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1421/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2014/141230_PVZubau.html?nn=524852
- 55 Bundesnetzagentur: Einspeisevergütung für Photovoltaik-Anlagen sinkt erneut nur um 0,25 Prozent; Pressemitteilung 31.3.2015 http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1421/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2015/150331_PVAnlage.html?nn=265778
- 56 Agora Energiewende, Current and Future Cost of Solar Photovoltaics, Berlin 25.2.2015; http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Studien/PV_Cost_2050/AgoraEnergiewende_Current_and_Future_Cost_of_PV_Feb2015_web.pdf
- 57 IEA, Technology Roadmap – Solar Photovoltaic Energy, Paris 29.9.2014
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-solar-photovoltaic-energy-2014-edition.html>
- 58 Agora Energiewende 2015: Publikation in Vorbereitung.
- 59 Agora Energiewende, Analyse (2014): Klimafreundliche Stromerzeugung: Welche Option ist am günstigsten? http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Analysen/Comparing_Costs_of_Decarbonisationtechnologies/Agora_Kostenvergleich_Klimafreundliche_Stromerzeugung.pdf
- 60 Einspeisevergütung für große PV-Anlagen (Stand: 01.01.2015).
- 61 Agora Energiewende, Current and Future Costs of Photovoltaics, (Fn. 38).
- 62 <http://www.utilities-me.com/article-3451-dewa-and-acwa-power-consortium-sign-solar-park-ppa/>
- 63 Siehe dazu die Abbildungen 5, 8, 9, 14; Abschätzungen zu den künftigen PV-Stromgestehungskosten für viele Länder finden sich in einer Agora-Präsentation hier: http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Studien/PV_Cost_2050/Agora_Future_Cost_of_PV_Key_Insights_Presentation_web.pdf
- 64 Citigroup, Energy 2020: The Revolution Will Not Be Televised As Disruptors Multiply, New York 2014; <https://ir.citi.com/ceUKTj9wAJSPHBmpGoRGfQYz1rZm8CKVCF07wPNIGAzN7%2feoGJhCRKXBw2LnpF%2bmPt5wCNmiHlw%3d>
- 65 Deutsche Bank's 2015 solar outlook: accelerating investment and cost competitiveness; <https://www.db.com/cr/en/concrete-deutsche-banks-2015-solar-outlook.htm>
- 66 Deutsche Bank report: Solar grid parity in a low oil price era; <https://www.db.com/cr/en/concrete-deutsche-bank-report-solar-grid-parity-in-a-low-oil-price-era.htm?kid=responsibility.inter-ghpen.headline>
- 67 S. EEG 2014, § 49; Die Grundvergütung für Windenergieanlagen an Land beträgt demnach 4,95 Ct/kWh, die Anfangsvergütung 8,90 Ct/kWh bei laufender Degression, wobei sich der Degressionsgradient daran orientiert, ob der vorgesehene Zubaukorridor eingehalten, über- oder unterschritten wird.
- 68 Insbesondere in der Nordsee können Windparks nicht in Küstennähe, sondern nur weit außerhalb der Naturschutzzonen des Wattenmeers und in erheblichem Abstand von den Touristenzentren errichtet werden.
- 69 Ein Vergleich der Leistungsfähigkeit verschiedener Windenergieanlagen (off- und onshore) an unterschiedlichen Standorten findet sich auf dem Internetportal „Windmonitor“ von Fraunhofer IWES; Offshore-Windturbinen: http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de/windmonitor_de/4_Offshore/5_betriebsergebnisse/1_Volllaststunden/; Onshore-Windturbinen: http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de/windmonitor_de/3_Onshore/5_betriebsergebnisse/1_volllaststunden/
- 70 Jahresvolllaststunden sind ein Maß für den Nutzungsgrad einer Windenergieanlage, das aus dem Quotienten der Jahresstrommenge und der Anlagennennleistung gebildet wird. Davon zu unterscheiden ist die Anzahl der jährlichen Betriebsstunden einer Windenergieanlage. An sehr guten Standorten erreichen moderne Windräder sogar schon an Land in einem durchschnittlichen Windjahr etwa 7.500 Betriebsstunden.
- 71 Spätestens seit Erscheinen der Studie „Die Grenzen des Wachstums“ von David Meadows u.a. im Auftrag des Club of Rome zur Zukunft der Weltwirtschaft im Jahr 1972 gehört diese Vorstellung zu den Allgemeinplätzen in der ökologischen Diskussion.
- 72 Inwieweit eine Komplettversorgung ausschließlich auf Basis von Kleinanlagen wirtschaftlich organisiert werden kann, wird sich vor allem technologisch und ökonomisch entscheiden. Hier sind Prognosen schwer zu treffen, aber disruptive Entwicklungen denkbar.
- 73 <http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/01/17747254/global-tracking-framework-vol-1-3-exekutive-zusammenfassung>
- 74 Solarserver: Solarstrom für den Rest der Welt: Netzunabhängige Photovoltaik für Millionen Menschen, 08.11.2013. <http://www.solarserver.de/solar-magazin/solar-report/solarstrom-fuer-den-rest-der-welt-netzunabhaengige-photovoltaik-fuer-millionen-menschen.html>

- 75 <http://www.plugintheworld.com/mobisol/>
- 76 Aktivitäten von Weltbank und UN: <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/news-nachhaltigkeit/2013/2013-12-19/ein-weltweiter-katalysator-fuer-erneuerbare-energien/?blstr=0Weltbank>
- 77 Die Darstellung in Abbildung 20 ist noch nicht einmal vollständig, denn gezählt wurden hier – wegen lückenhafter verfügbarer Daten insbesondere aus der Frühzeit der Solarenergie – nur PV-anlagen und Windräder, die nach der Jahrtausendwende ans Netz gingen. (Insgesamt drehten sich Ende 2014 in Deutschland 24.867 Windräder mit einer installierten Leistung von 38.116 Megawatt.)
- 78 Das erste Solarzeitalter dauerte, solange Menschen auf der Erde lebten, ohne die fossile erdgeschichtliche Erbschaft aus Kohle, Öl und Erdgas nennenswert zu nutzen. Im Kern lebten sie über Jahrtausende von dem was die Sonne an Energie in Form von Wärme, Wind und Wasserkraft bereitstellte und als Nahrung auf dem Feld wachsen ließ. Nach dem kurzen Intermezzo des fossil-atomaren Zeitalters besinnt sich eine wachsende Menschheit im 21. Jahrhundert erneut auf die Sonne. Energetisch leben wir künftig wieder, wie unsere Urväter und -mütter, „von der Hand in den Mund“.
- 79 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Eckpunkte-Papier „Strommarkt“, März 2015. <http://bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/eckpunkte-papier-strommarkt,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- 80 E.ON-Pressemitteilung: E.ON treibt Konzernumbau voran; Essen 27.04.2015. <http://www.eon.com/de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen/2015/4/27/eon-moves-forward-with-transformation-key-organizational-and-personnel-decisions-made.html>
- 81 E.ON-Pressemitteilung: Neue Konzernstrategie: E.ON konzentriert sich auf Erneuerbare Energien, Energienetze und Kundenlösungen und spaltet die Mehrheit an einer neuen, börsennotierten Gesellschaft für konventionelle Erzeugung, globalen Energiehandel und Exploration & Produktion ab; Essen, 30.11.2014. <http://www.eon.com/de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen/2014/11/30/new-corporate-strategy-eon-to-focus-on-renewables-distribution-networks-and-customer-solutions-and-to-spin-off-the-majority-of-a-new-publicly-listed-company-specializing-in-power-generation-global-energy-trading-and-exploration-and-production.html>
- 82 GDF Suez-Pressemitteilung: GDF-Suez becomes Engie; Paris 24.04.2015. <http://www.gdfsuez.com/en/journalists/press-releases/gdf-suez-becomes-engie/>
- 83 Frankfurter Allgemeine Zeitung 19.05.2015: „Ein Scheitern der Klimakonferenz brächte Chaos“.
- 84 Ein Energiesystem mit klaren Preissignalen zu schaffen, die Energieproduzenten und Energiekonsumenten zu einem solchen „systemdienlichen Verhalten“ veranlassen, gehört zu den großen Herausforderungen der Politik bei der regulatorischen Flankierung des neuen Systems.
- 85 <http://www.teslamotors.com/powerwall>. In einer Kooperation mit LichtBlick sollen die Stromspeicher zunächst in Deutschland und dann auch in anderen Ländern intelligent in die Energiemärkte integriert werden.
- 86 Lichtblick-Medien-Mitteilung: Kooperation für die globale Energiewende: LichtBlick bindet Tesla-Batterien in die Energiemärkte ein. Hamburg, 01.05.2015 <http://www.lichtblick.de/medien/news/?detail=329&type=press>

www.energiwendebeschleunigen.de