
IASS STUDY

Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS)

Potsdam, März 2016

Deutschlands Energiewende: Treiber einer globalen Transformation?

Rainer Quitzow, Sybille Röhrkasten, Martin Jänicke



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Erneuerbare Energien – nicht nur in Deutschland, sondern auch international im Trend	3
2.1 Der Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland	3
2.2 Erneuerbare Energien in Europa	4
2.3 Globale Trends	5
3. Die globale Bedeutung der deutschen Energiewende	11
3.1 Demonstrations- und Leadmarkt-Effekte	11
3.2 Internationale Kooperation zum Ausbau erneuerbarer Energien	12
4. Der globale Ausbau erneuerbarer Energien – ein Zusammenspiel verschiedener Vorreiter	15
4.1 Wind- und Solarenergie im Wechselspiel der Vorreiter	15
4.2 Vorreiter einer erneuerbaren Stromerzeugung	19
4.3 Jenseits der Stromwende	21
5. Vielfältige Vorteile erneuerbarer Energien – Treiber einer globalen Energiewende	25
5.1 Energiewende: für den Klimaschutz unabdingbar	25
5.2 Erneuerbare Energien als ökonomische Entwicklungschance	26
5.3 Potenziale einer dezentralen Energieversorgung für Armutsreduzierung und Innovation	26
5.4 Energiesicherheit und Preisstabilität	26
5.5 Beiträge zu lokalem Umweltschutz und Gesundheit	27
6. Potenziale und Herausforderungen einer internationalen Energiewende-Politik	29
6.1 Weltweiter Ausbau erneuerbarer Energien ist noch nicht ambitioniert genug	29
6.2 Globale Trends sind auch für den Erfolg der Energiewende in Deutschland entscheidend	29
6.3 Empfehlungen für eine weitere Stärkung der internationalen Energiewende-Politik	30
Literaturverzeichnis	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beitrag der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung in Deutschland (1990–2014)	4
Abbildung 2: Veränderung der Stromerzeugung in Deutschland und der EU (2000–2013)	5
Abbildung 3: Erneuerbaren-Anteil in den verschiedenen Energiesektoren in Deutschland und weltweit (2013/14)	6
Abbildung 4: Weltweite Investitionen in erneuerbare Energien (2004–2014)	6
Abbildung 5: Weltweite Verbreitung der Einspeisevergütung (1978–2014)	7
Abbildung 6: Länder mit Erneuerbaren-Zielsetzungen (2005 und 2015)	8
Abbildung 7: Stromgestehungskosten im Vergleich	9
Abbildung 8: Meilensteine der internationalen Kooperation zum Ausbau erneuerbarer Energien	12
Abbildung 9: Kostensenkungen für Photovoltaik-Module und Systeme (2001–2013)	16
Abbildung 10: Internationale Vorreiter im Ausbau der erneuerbaren Energien (2014)	19
Abbildung 11: Erneuerbaren-Anteile der Stromerzeugung im globalen Vergleich (2013)	20

Danksagungen

Die Autoren bedanken sich bei Sebastian Helgenberger, Christian Hey und Andreas Kraemer für ihre wertvollen Anregungen und Kommentare. Zudem bedanken sie sich bei Jan Peuckert und Sara Lingstädt für die Erstellung von Graphen und Abbildungen im Text.

Deutschland ist ein wichtiger Vorreiter des weltweiten Ausbaus Erneuerbarer. Es ist das Land mit den weltweit größten Photovoltaik-Kapazitäten und mit den drittgrößten Windkraft- und Bioenergiekapazitäten zur Stromerzeugung.

© istock



1. Einleitung

Die deutsche Energiewende hat internationale Signalwirkung. Das weltweite Interesse am Umbau des deutschen Stromsektors ist immens. Mit der inländischen Förderung erneuerbarer Energien hat Deutschland einen entscheidenden Beitrag zur weltweiten Technologieentwicklung von Windenergie und Photovoltaik und den damit verbundenen Kostendegressionen geleistet. Zudem entfaltete das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) internationale Demonstrationswirkung. Mehr als 70 Länder weltweit nutzen mittlerweile Einspeisevergütungen, um den erfolgreichen Betrieb und Stromerzeugung aus erneuerbare Energiequellen zu fördern (REN21 2015). Darüber hinaus setzt sich die Bundesregierung erfolgreich für den globalen Ausbau erneuerbarer Energien ein. Mit ihrer Initiative zur Gründung einer Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) verlieh sie dem Thema in der internationalen Politik ein starkes Gewicht.

Die globale Energiewende hat jedoch mehr als einen Vorreiter. In der deutschen Diskussion wie auch in der internationalen Berichterstattung entsteht teilweise der Eindruck, dass sich Deutschland mit der Energiewende und seinen anspruchsvollen Ausbauzielen für erneuerbare Energien von internationalen Trends in der Energiepolitik abkoppelt. Sowohl europäische als auch globale Entwicklungen der vergangenen Jahre zeichnen allerdings ein anderes Bild. Die deutsche Energiewende ist kein Alleingang. Erneuerbare Energien sind weltweit auf dem Vormarsch. Dabei wird ihr Ausbau nicht nur in Industrieländern, sondern auch in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern vorangetrieben.

Die vorliegende Studie beleuchtet die deutsche Energiewende im Kontext des weltweiten Ausbaus erneuerbarer Energien. Sie unterstreicht die globale Bedeutung der deutschen Energiewende, macht aber auch deutlich, dass es ein dynamisches Zusammenspiel *verschiedener* Vorreiter war, das zum weltweiten Vormarsch Erneuerbarer geführt hat. Im Mittelpunkt steht der Stromsektor, da der Ausbau Erneuerbarer nicht nur in Deutschland, sondern auch weltweit vor allem in diesem Sektor erfolgt. Wie die Studie zeigt, sind die vielfältigen Vorteile erneuerbarer Energien entscheidende Treiber einer globalen Energiewende. Angesichts einer stark steigenden weltweiten Energienachfrage und der mangelnden Umweltverträglichkeit des bestehenden Energiesystems reicht die bisherige Ausbaudynamik Erneuerbarer jedoch nicht aus. Auch die mit der Innovationsdynamik der erneuerbaren Energien verbundenen Chancen für gesellschaftlichen Wohlstand und Entwicklung können noch stärker als bislang genutzt werden. Deutschland ist mit seiner internationalen Energiewende-Politik gut aufgestellt, einen entscheidenden Beitrag für eine global nachhaltige Energieversorgung zu leisten. Die Studie schließt mit Empfehlungen, wie die internationale Energiewende-Politik weiter gestärkt werden kann.



Bei hoher Sonneneinstrahlung, wie beispielsweise in der Atacama-Wüste in Chile, ist mittlerweile auch Solarenergie ohne langfristige Abnahmegarantie wettbewerbsfähig.

© fotolia

2. Erneuerbare Energien – nicht nur in Deutschland, sondern auch international im Trend

Mit dem ehrgeizigen Ausbau erneuerbarer Energien liegt Deutschland im internationalen Trend. Auch in Europa verdrängen erneuerbare Energien zunehmend konventionelle Energieträger, und weltweit sind erneuerbare Energien mittlerweile auf dem Vormarsch. Dieses Kapitel stellt kurz den bisherigen Verlaufs der deutschen Energiewende und des erreichten Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland dar. Anschließend werden diese Entwicklungen in Bezug zu entsprechenden internationalen Veränderungen – in Europa und global – gesetzt.

2.1. Der Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland

In Deutschland reichen die Ursprünge der Energiewende in die 1980er Jahre zurück. Krause et al (1980) entwickelten die konzeptionellen Grundlagen einer Energiewende. Zwei Enquetekommissionen des Bundestages – „Zukünftige Kernenergie-Politik“ (1979/80) und „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“, eingesetzt im Jahr 1987 – vertieften die Wissensbasis und etablierten das Thema an politischen Institutionen. Seit Beginn der neunziger Jahre werden erneuerbare Energien durch eine Einspeisevergütung gefördert. Aber erst seit dem Jahr 2000 – nach einem Regierungswechsel hin zu einer Koalition aus Sozialdemokraten und Bündnis 90/Die Grünen – werden sie u. a. durch deutlich attraktivere Einspeisevergütungen im Rahmen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) stark ausgebaut. Neben der Einführung des EEG war der Beschluss des Ausstiegs aus der Atomenergie entscheidend, der im Jahr 2002 von der rot-grünen Bun-

desregierung getroffen und nach dem Reaktor-Unfall in Fukushima 2011 mit breiter Unterstützung des deutschen Bundestags erneuert wurde (siehe auch Kraemer 2011, 2012). Im Jahr 2022 soll das letzte Kernkraftwerk in Deutschland vom Netz genommen werden. Gleichzeitig gilt ein ehrgeiziger Ausbaupfad für Erneuerbare: ihr Anteil an der Stromerzeugung soll bis 2025 40–45 Prozent betragen, zehn Jahre später bereits 55–60 Prozent und bis zum Jahr 2050 schließlich mindestens 80 Prozent umfassen (Energiekonzept der Bundesregierung, 28.10.2010).

Wie Abbildung 1 verdeutlicht, konnte der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch seit der Einführung des EEG bereits von 6,2 Prozent auf 27,4 Prozent im Jahr 2014 und damit um mehr als das Vierfache gesteigert werden (von 36.036 auf 161.379 TWh). Dies ist vor allem auf den massiven Ausbau von Windenergie, Bioenergie und Photovoltaik (PV) zurück zu führen. Die Stromerzeugung aus Windenergie stieg in diesem Zeitraum von 9,513 TWh auf 57,357 TWh um ein Sechsfaches. Unter den Erneuerbaren stellt sie heute mit 9,7 Prozent den größten Anteil am Bruttostromverbrauch, gefolgt von Bioenergie mit 8,3 Prozent.¹ Ihr Anteil am Bruttostromverbrauch wurde im selben Zeitraum mehr als verzehnfacht.² PV kann einen noch schnelleren Ausbaupfad vorweisen: 60 TWh im Jahr 2000 stehen 35.115 TWh im Jahr 2014 gegenüber. Damit kommt PV heute auf einen Anteil von 6 Prozent am Bruttostromverbrauch. Der Anteil der Wasserkraft ging von 3,7 Prozent auf 3,3 Prozent leicht zurück. Dies entspricht auch einem leichten absoluten Rückgang von 21.732 auf 19.590 TWh (BMWi 2015a).

¹ Bioenergie für den Stromverbrauch umfasst sowohl land- und forstwirtschaftlich bereitgestellte Biomasse als auch Reststoffe und Abfälle biogenen Ursprungs. Den größten Anteil der Bioenergie stellen Biogas und Biomethan, welche zusammen auf einen Anteil von 4,9 Prozent am Bruttostromverbrauch (29.140 TWh) kommen. Biogene Festbrennstoffe und Klärschlamm stellen mit 11.800 TWh einen Anteil von 2 Prozent, biogener Anteil des Abfalls 1 Prozent (6.130 TWh). Darüber hinaus werden Klärgas (1.409 TWh, 0,2%), Deponiegas (420 TWh, 0,1%) und biogene flüssige Brennstoffe (320 TWh, 0,1%) eingesetzt.

² Im Jahr 2000 betrug der Anteil der Bioenergie am Bruttostromverbrauch 0,8 Prozent.

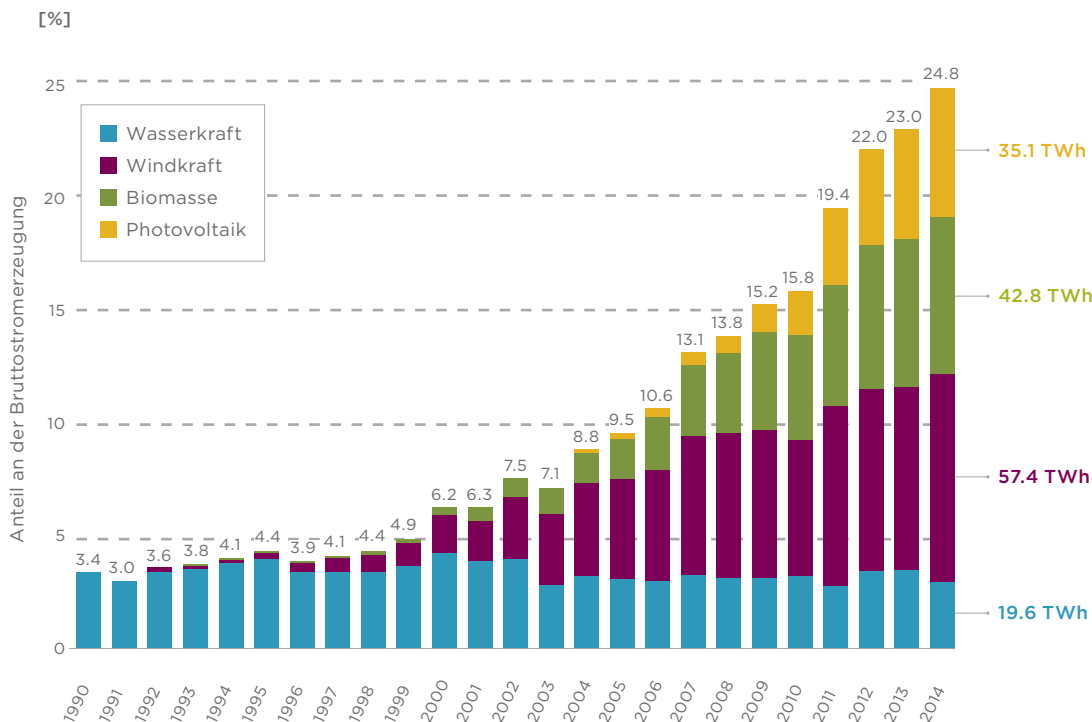


Abbildung 1
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung in Deutschland, (1990–2014)

Quelle: IASS basierend auf BMWi (2015a)

2.2 Erneuerbare Energien in Europa

Obgleich Deutschland ein wichtiger Vorreiter im Ausbau der erneuerbaren Energien ist, sind die Entwicklungen kein Alleingang. Auch in der Europäischen Union (EU) verdrängen erneuerbare Energieträger zunehmend die konventionelle Stromerzeugung. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung in Europa lag 2013 bei 25,4 Prozent (Eurostat³) und lag damit etwa auf dem Niveau Deutschlands (BMWi 2015b). Dabei machte die Wasserkraft mit 45 Prozent des erzeugten Stroms aus erneuerbaren Energien auf EU-Ebene den größten Anteil aus. In Deutschland hingegen stellte die Windenergie mit einem Drittel der Erzeugung den Löwenanteil, während Wasserkraft nur 15 Prozent aus-

machte. Die neu installierte Leistung für Strom aus erneuerbaren Energien in der EU betrug zwischen 2011 und 2013 bereits rund siebzig Prozent der gesamten neuen Kapazitäten, um 2014 sogar auf 78 Prozent zu steigen (REN21 2015). In Deutschland machten erneuerbare Energien im Jahr 2015 84 Prozent der neu installierten Kapazität aus (eigene Berechnung auf Basis von Fraunhofer ISE Energy Charts⁴). Wie Abbildung 2 zeigt, weicht die strukturelle Entwicklung der Stromerzeugung in der Europäischen Union insgesamt nicht grundlegend von der deutschen ab. Zwar verzeichnete Deutschland einen deutlich höheren Zuwachs des Anteils erneuerbarer Energien. Der Rückgang der Kohleverstromung hingegen fiel auf europäischer Ebene höher aus.

³ Siehe Eurostat Daten auf <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdcc330&plugin=1>

⁴ Siehe Fraunhofer Energy Charts auf https://www.energy-charts.de/power_inst_de.htm

[%]

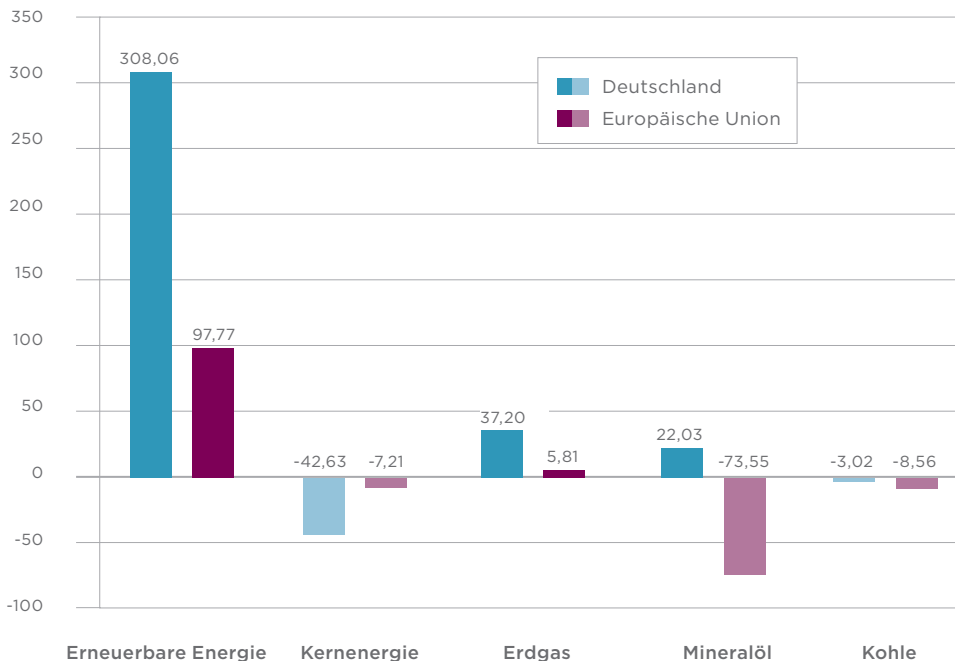


Abbildung 2
Veränderung der
Stromerzeugung in
Deutschland und der
EU (2000–2013)

Quelle: IASS basierend
auf BMWi (2015a)/EU-
ROSTAT Electricity and
Heat Statistics, Stand
Mai 2015

Ein weniger erfolgreiches Bild – sowohl für die EU als auch für Deutschland – ergibt sich bislang bei den erneuerbaren Energien im Bereich der gesamten Endenergie. Laut Eurostat lag der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013 mit 12,4 Prozent deutlich unter dem Erneuerbaren-Anteil im Stromsektor. Damit lag Deutschland unter dem EU Durchschnitt von 15 Prozent (Eurostat⁵). Grund dafür ist der geringe Anteil erneuerbarer Energien in den Bereichen Wärme und Verkehr. Im Jahr 2014 stellten Erneuerbare in Deutschland 12,2 Prozent des Endenergieverbrauchs für Wärme und 5,6 Prozent des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor (BMWi 2015a). Zukünftig soll jedoch auch der Anteil erneuerbarer Energien am deutschen Gesamtenergieverbrauch deutlich steigen: bis 2030 soll er 30 Prozent und bis 2050 bereits 60 Prozent umfassen (Energiekonzept der Bundesregierung, 28.10.2010). Die EU-weiten Zielsetzungen

sehen bis 2030 einen Erneuerbaren-Anteil am Gesamtenergieverbrauch von mindestens 27 Prozent vor (European Council Conclusions, 24.10.2014).

2.3 Globale Trends

Global liegt der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung mit 22 Prozent im Jahr 2013 unter dem europäischen Niveau. Nicht nur in Deutschland und der EU, sondern weltweit ist der Stromsektor der Bereich, in dem die Nutzung erneuerbarer Energien bislang am stärksten verbreitet ist. Im Bereich der Wärme erreichten erneuerbare Energien weltweit nur einen Anteil von 10 Prozent im Jahr 2013. Dies liegt unter ihrem Anteil in Deutschland, wie Abbildung 3 zeigt. Beim Kraftstoffverbrauch im Transportsektor betrug der weltweite Erneuerbaren-Anteil sogar nur drei Prozent (IEA 2015a: 348).

⁵ Siehe Eurostat Daten auf http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_31&plugin=1

Deutschlands Energiewende: Treiber einer globalen Transformation?

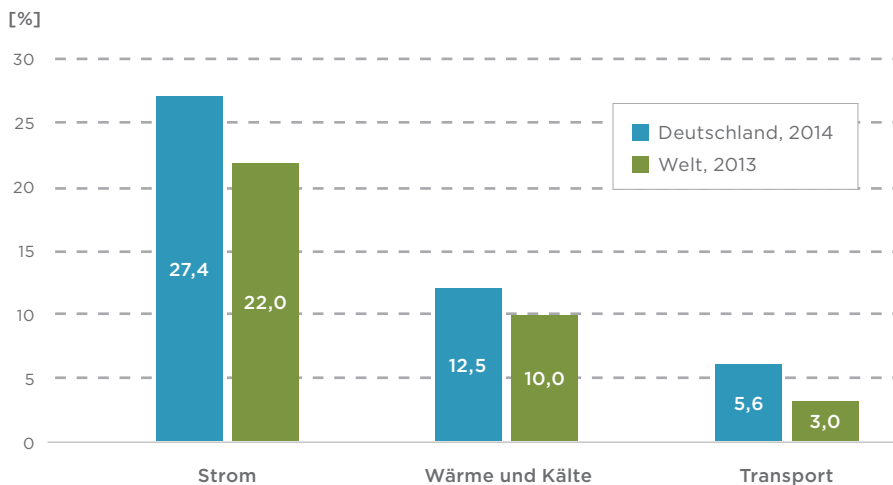


Abbildung 3
Erneuerbaren-Anteil
in den verschiedenen
Energiesektoren in
Deutschland und welt-
weit (2013/14)

Quelle: IASS basierend
auf BMWi (2015a)
(Deutschland)/IEA
(2015a) (Welt)

Innerhalb der erneuerbaren Stromerzeugung stellt Wasserkraft weltweit den Mammutanteil (74%). Windenergie und Bioenergie folgen mit Anteilen von 12,4 bzw. 9 Prozent. Photovoltaik und Geothermie erreichen bislang nur sehr kleine Anteile von 2,7 bzw. 1,4 Prozent (eigene Berechnungen auf Basis von IEA 2015a: 348). Insbesondere in Hinblick auf den ausgeprägten Wasserkraft-Anteil weicht der globale Erneuerbaren-Energien-Mix signifikant von dem deutschen ab. In Deutschland stellt Wasserkraft nur 12,1 Prozent der erneuerbaren Stromerzeugung. Dagegen ist der PV-Anteil in Deutschland mit knapp 22 Prozent deut-

lich höher als im globalen Vergleich (eigene Berechnungen auf Basis von BMWi 2015a).⁶

Neuinvestitionen in erneuerbare Energien werden mittlerweile von China angeführt, wo 2014 ca. 30 Prozent der weltweiten Investitionen getätigt wurden (siehe Abbildung 4). Deutschlands Anteil ist von einem Hoch von 11 Prozent in 2010 auf nunmehr knapp 7 Prozent gesunken (eigene Berechnung basierend auf BMU 2011; BMWi 2015a; Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF 2015).

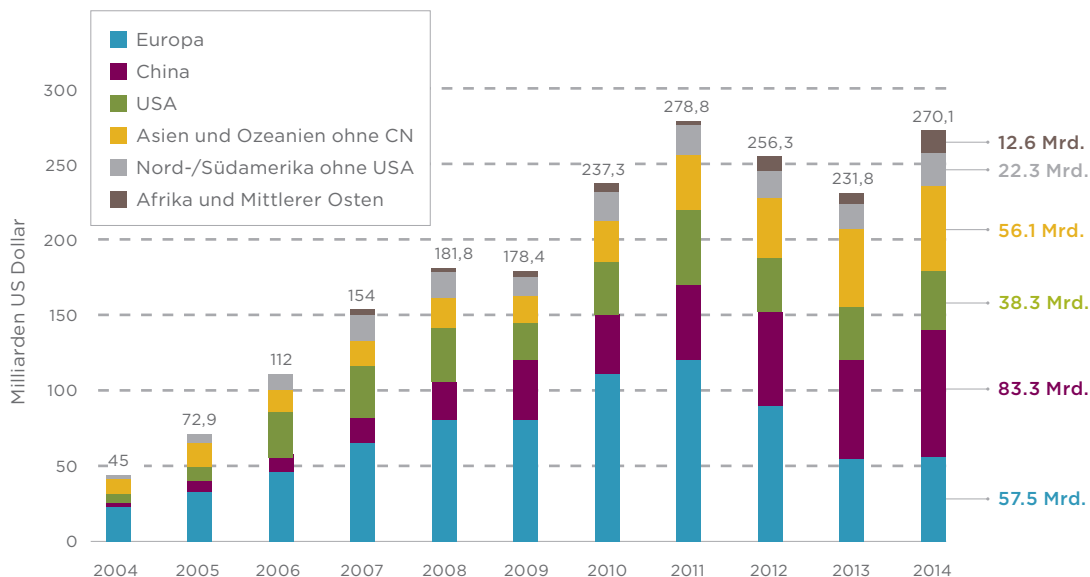


Abbildung 4
Weltweite Investitionen
in erneuerbare Energien
(2004–2014)

Quelle: IASS basierend
auf Frankfurt School-
UNEP Centre/BNEF
(2015)

⁶ Auch der Wind- und der Bioenergie-Anteil ist in Deutschland höher als der globale Durchschnitt. In Deutschland stellt Windenergie 35,5% der erneuerbaren Stromerzeugung, Bioenergie folgt mit einem Anteil von etwas über 30%.

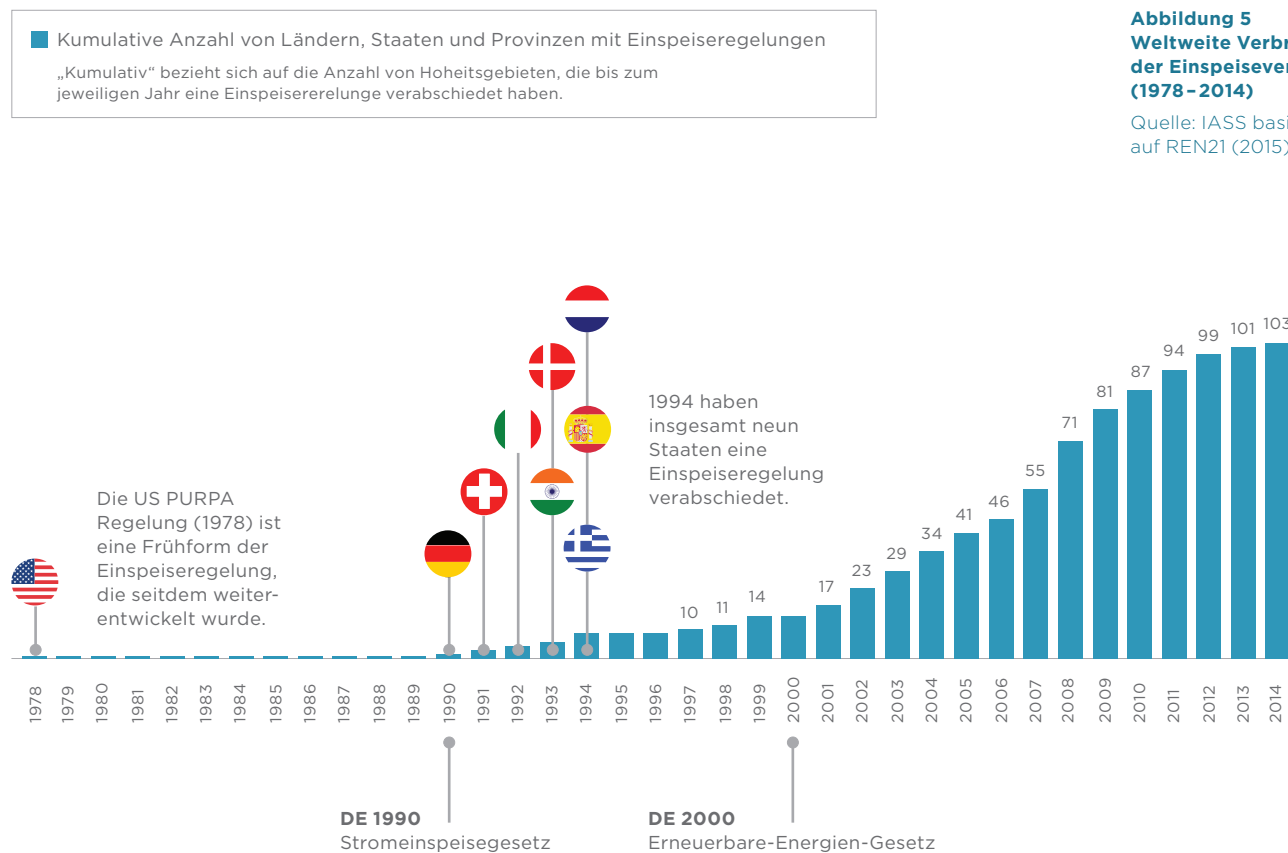
Auch in anderen Entwicklungs- und Schwellenländern steigen die Investitionen in erneuerbare Energien mittlerweile stark an. 2014 wuchsen sie um 40 Prozent auf 48 Milliarden US Dollar (ohne China) und machten damit ca. 18 Prozent der Gesamtinvestitionen in den Energiesektoren dieser Länder aus (Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF 2015). Bemerkenswert ist zudem, dass bei Neuinvestitionen in die Stromerzeugung die erneuerbaren Energien inzwischen klar dominieren. Im Jahr 2013 betrug der Anteil laut der Internationalen Energieagentur (IEA) mit 250 Milliarden US Dollar über 60 Prozent der weltweiten Gesamtinvestitionen in neue Stromerzeugungskapazität (IEA 2014a). Auch im globalen Kapazitätszubaue zeigt sich im Jahr 2013 erstmalig eine Trendwende: 2014 Jahr lag der Anteil erneuerbarer

Energien bei 59 Prozent, und damit deutlich über dem Zubau von fossilen und atomaren Kapazitäten (REN21 2015a, IRENA 2014: 25). In den Mitgliedsstaaten der IEA lag dieser Anteil bereits 2012 bei über 80 Prozent (IEA 2014d: II.5).

Der dynamische Ausbau der erneuerbaren Energien in den vergangenen Jahren geht einher mit einer entsprechenden Ausbreitung der Zielsetzungen und damit verbundenen Fördermechanismen für erneuerbare Energien, insbesondere im Stromsektor. Wie Abbildung 5 zeigt, hat sich seit der Einführung des EEG im Jahr 2000 die Einspeisevergütung als Instrument für die Markteinführung von erneuerbaren Energien zunehmend ausgebreitet.

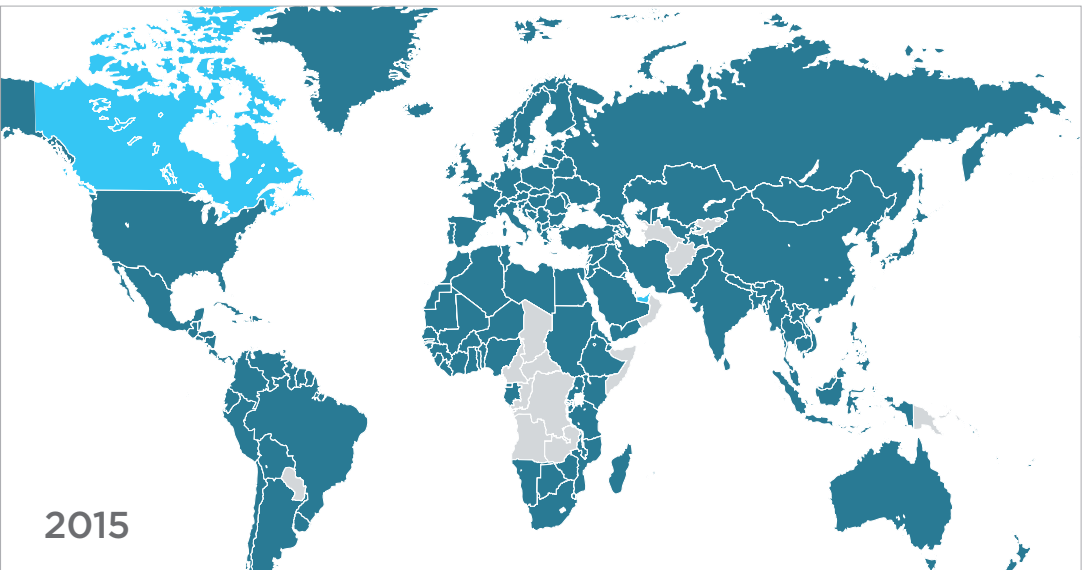
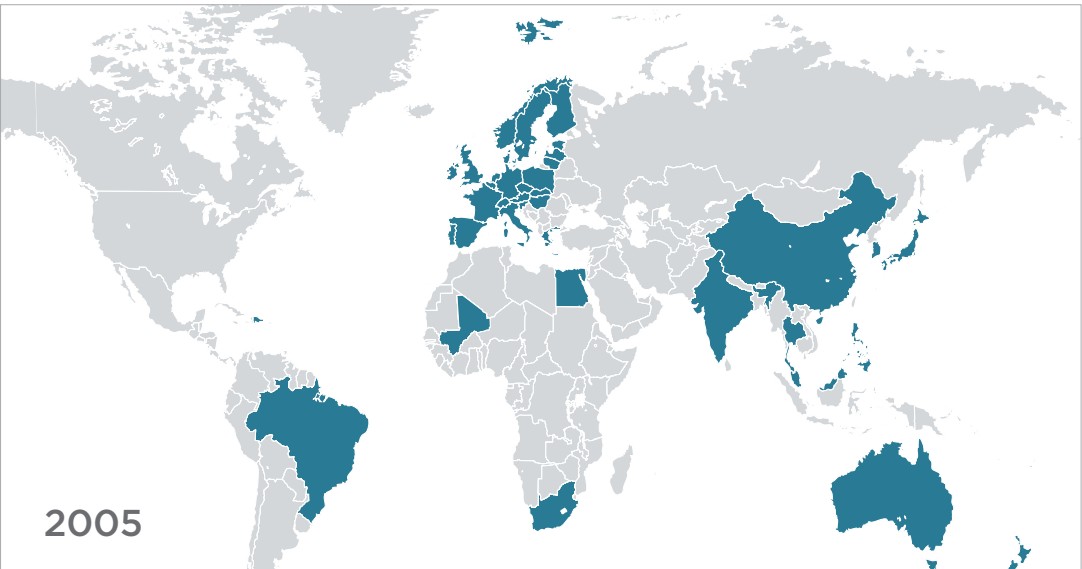
Abbildung 5
Weltweite Verbreitung
der Einspeisevergütung
(1978–2014)

Quelle: IASS basierend
auf REN21 (2015)



Während die Förderung erneuerbaren Energien in Ländern mit hohem Einkommen schon länger verbreitet ist, setzten in den vergangenen zehn Jahren auch immer mehr Schwellen- und Entwicklungsländer Politiken zum Ausbau erneuerbarer Energien ein. Laut Angaben der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien IRENA haben mittlerweile 164

Länder Erneuerbaren-Zielsetzungen auf nationaler Ebene eingeführt (siehe Abbildung 6). Dies entspricht 85 Prozent der Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen. Im Jahr 2005 galt dies nur für 43 Länder – dies bedeutet, dass sich innerhalb von zehn Jahren die Zahl der Länder mit Erneuerbaren-Zielsetzungen fast vervierfacht hat (IRENA 2015a, desgl. IPCC 2014).



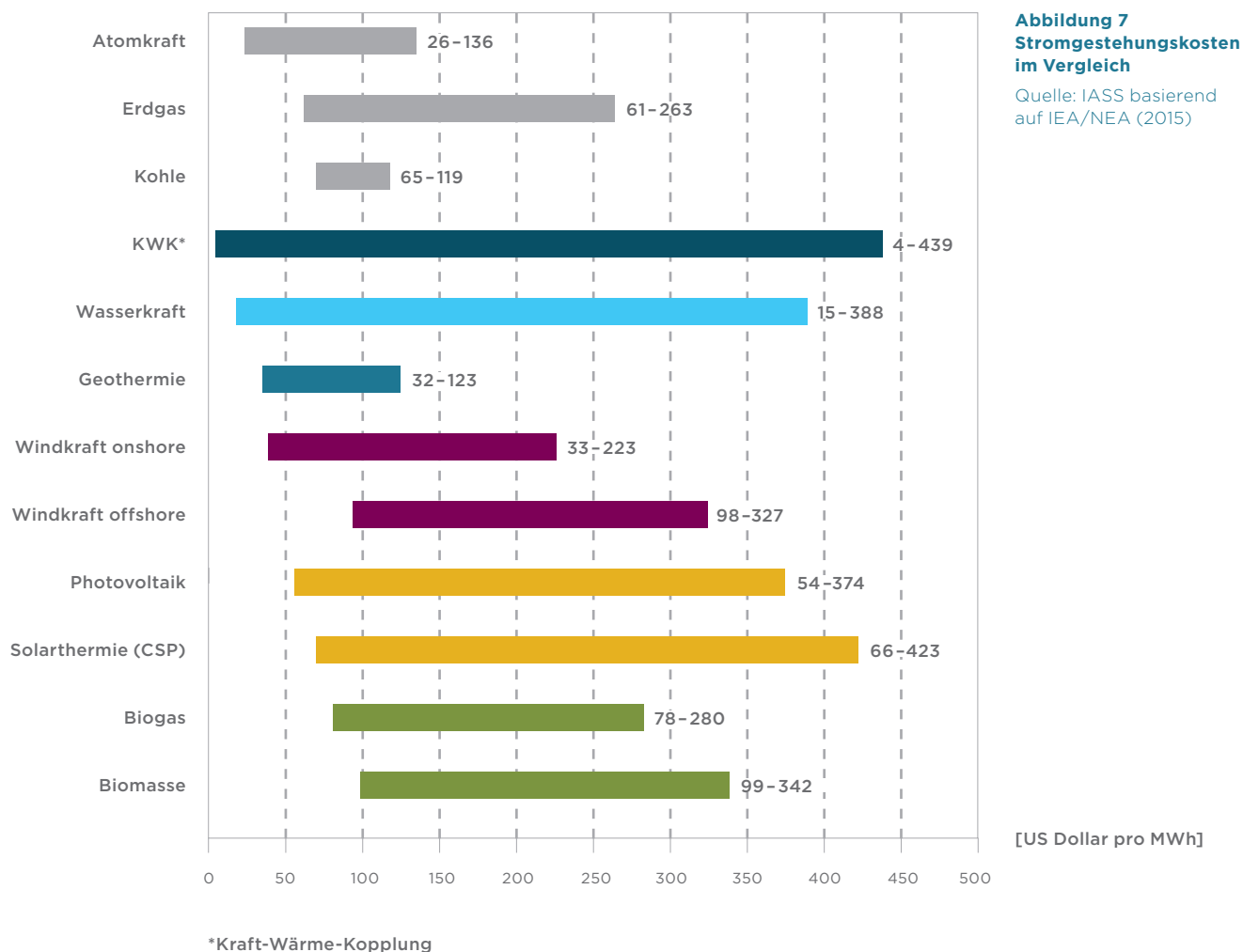
- Länder mit mindestens einem Erneuerbaren-Ziel
- Länder mit Erneuerbaren-Zielen nur auf sub-nationaler Ebene
- Länder ohne Erneuerbaren-Ziele

Abbildung 6
Länder mit Erneuerbaren-Zielsetzungen
(2005 und 2015)

Quelle: IRENA (2015a)

Die Ausbaudynamik ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Gestehungskosten von Strom aus erneuerbaren Energien mittlerweile in vielen Regionen auch ohne Berücksichtigung von externalisierten Kosten konkurrenzfähig gegenüber konventionellen Energieträgern sind bzw. kurz davor stehen (siehe Abbildung 7). Während Wasserkraft, Geothermie und Bioenergie in vielen Teilen der Welt schon seit längerem konkurrenzfähig sind, liegen heute auch die

Kosten für Wind- und Solarenergie – in Abhängigkeit von Faktoren wie Ressourcenverfügbarkeit und Finanzierungskosten – vielfach unter den Kosten für neue Kohle- oder Gaskraftwerke. Bei besonders hoher Sonneneinstrahlung, wie beispielsweise im Norden Chiles, ist mittlerweile auch Solarenergie ohne langfristige Abnahmegarantie konkurrenzfähig (IRENA 2014).



Die Abbildung zeigt die Spanne der Gestehungskosten basierend auf den Daten ausgewählter OECD- und nicht-OECD Länder. Es werden jeweils gewichtete Kapitalkosten von 3 bzw. 10 Prozent zur Berechnung der Minimal- bzw. Maximalwerte angenommen.

Deutschland fördert erneuerbare Energien nicht nur im Inland, sondern setzt sich auch für den weltweiten Ausbau Erneuerbarer ein. Mit der Initiative Sustainable Energy For All (SE4All) engagieren sich mittlerweile auch die Vereinten Nationen für den Ausbau erneuerbarer Energien.

© istock

3. Die globale Bedeutung der deutschen Energiewende

Die globale Bedeutung der deutschen Energiewende basiert auf zwei zentralen Bausteinen. Erstens entfaltet die deutsche Energiewende Demonstrations- und Leadmarkteffekte. Sie zeigt anderen Ländern die grundsätzliche Machbarkeit und fallweise auch die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit eines nachhaltigen Energiepfades auf. Die massive Marktförderung von Wind- und Solarenergie in Deutschland hat zudem maßgeblich zu sinkenden Preisen und verbesserten Wirkungsgraden beigetragen. Zusammen haben diese Effekte zu einer starken Beschleunigung des globalen Ausbaus dieser Technologien beigetragen. Zweitens spiegelt sich die einheimische Energiewende auch in der internationalen Politik Deutschlands. Die Bundesregierung setzt sich nicht nur innerhalb der eigenen Grenzen, sondern auch in ihrer internationalen Zusammenarbeit stark für den Ausbau erneuerbarer Energien ein.

3.1 Demonstrations- und Leadmarkteffekte

Globalisierungsprozesse laufen in der Nachhaltigkeits- und Klimapolitik oft nach dem Muster des „lesson-drawing“ ab (Rogers 1993, Kern 2000, Tews et al. 2003, Busch und Jörgens 2012). Dabei bilden innovative Lösungen von Vorreitern für viele Länder das Muster, dem man sich anschließt, oft auch um eigene Prozesse des „trial and error“ zu vermeiden (Jänicke 2015). Aufgrund seiner wirtschaftlichen Stärke und dem hohen Industrieanteil der deutschen Wirtschaft hat die Energiewende in Deutschland eine besondere Signalwirkung (siehe z.B. auch Westphal 2012, Messner und Morgan 2013). Politische Maßnahmen und die technisch-ökonomische Umsetzung der Energiewende treffen international daher auf großes Interesse. Mit der Einführung von Einspeisevergütungen für Strom aus erneuerbaren Quellen prägte Deutsch-

land die politische Instrumentenwahl zur Förderung Erneuerbarer. Das im Jahr 2000 erlassene Erneuerbaren-Energien-Gesetz fand weltweit viele Nachahmer. Gleichzeitig hat die stabile Marktförderung in Deutschland maßgeblich zur technischen Weiterentwicklung erneuerbarer Energien hin zur globalen Wettbewerbsfähigkeit beigetragen. Die feste Einspeisevergütung hat bei anfangs hohen Kosten für erneuerbare Stromerzeugung ein sicheres Geschäftsmodell und die nötigen Rahmenbedingungen für Investitionen in erneuerbaren Energien Anlagen geschaffen. Im Zusammenspiel mit langfristigen Zielen für den Ausbau erneuerbarer Energien war dies auch Basis für Investitionen in die industrielle Fertigung von Technologien zur Stromerzeugung aus Wind und Sonne. Durch die Umlage der Einspeisevergütungen auf die deutschen Endverbraucher haben die Kunden des deutschen Strommarktes zu einem signifikanten Maß die Entwicklungskosten finanziert (Matschoss und Töpfer 2015). Die gleichzeitige Forschungs- und Entwicklungsförderung hat die Technologieentwicklung durch gezielte Investitionen weiter verstärkt. Beides trug dazu bei, dass die Herstellungskosten und die Wirkungsgrade insbesondere der Wind- und Solarenergie eine globale Marktdurchdringung erleichterten. Die besonders stabilen Rahmenbedingungen in Deutschland haben auch dazu geführt, dass Projektkosten, insbesondere im PV-Sektor, deutlicher niedriger sind als in vergleichbaren Märkten (IRENA 2012). Sie zeigen den wirtschaftlichen Mehrwert einer stabilen, langfristig angelegten Förderpolitik auf. In der Umwelt- und Klimapolitik haben solche staatlich induzierten Marktprozesse eine hohe Bedeutung erlangt, so dass dies auch über den Energiesektor hinaus wichtigen Vorbildcharakter hat (Ernst & Young 2006, OECD 2011).

Mit steigenden Anteilen erneuerbarer Energien am deutschen Strommix rückt nun die Umstrukturierung einer auf Atomkraft und fossilen Energieträgern basierenden Stromversorgung hin zu einer erneuerbaren Versorgung in das Interesse internationaler Beobachter. Dabei ist hervorzuheben, dass Deutschland den Umstieg ohne signifikante Wasserkraftressourcen vollziehen muss und vor allem auf die fluktuierenden Energieträger Wind und Sonne setzt. Dabei ist Deutschland im Vergleich zu vielen anderen Ländern auch nicht besonders gut mit Solar- und Windressourcen ausgestattet. Damit ist die Umstellung der Stromversorgung auf erneuerbare Energien hier eine besondere Herausforderung. Aus gleichem Grund ist Deutschland auch auf die Kooperation seiner Nachbarländer angewiesen. Eine zunehmende regionale Integration der Strommärkte bietet wichtige Flexibilitätsoptionen, die für die Integration fluktuierender Stromerzeugung aus Wind und Sonne von großer Bedeutung sind. Die zentrale Lage Deutschlands in einem europäischen Strommarkt ist dabei ein potenzieller Vorteil. Die weitere Integration mit den umliegenden Strommärkten wird – sofern sie Erfolg hat – wichtige Lernerfahrungen für andere Länder bieten.

Schließlich zeichnet sich die deutsche Energiewende durch eine breite Beteiligung und einen sehr hohen Rückhalt in der Bevölkerung aus (siehe auch Hirsch 2015, KAS 2013, KAS 2014). Nicht nur genießt der Atomausstieg breite öffentliche Unterstützung. Auch die Bürgernähe des bisherigen Ausbaus erneuerbarer

Energien fördert die Unterstützung von Projekten auf kommunaler Ebene. Durch den hohen Anteil privater Eigentümer und genossenschaftlicher Projekte wurde die Projektentwicklung in der Vergangenheit oftmals von Bürgern selbst initiiert und finanziert. Im Jahr 2013 waren 47 Prozent der installierten Kapazität in Bürgerhand (Trend:research und Leuphana Universität Lüneburg 2013). Auch hier zeigen sich neuerdings Angleichungen in einigen Ländern, vor allem in Japan, den USA und China (Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF 2015).

3.2 Internationale Kooperation zum Ausbau erneuerbarer Energien

Seit mehr als 10 Jahren hat sich Deutschland als treibende Kraft in der internationalen Kooperation zum weltweiten Ausbau erneuerbarer Energien etabliert. Abbildung 8 zeigt wichtige Meilensteine der internationalen Erneuerbaren-Kooperation seit dem Jahr 2000 auf.

Höhepunkt des deutschen Engagements war die Gründung der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) im Jahr 2009, die mittlerweile mehr als 140 Mitgliedsstaaten umfasst. Die IRENA setzt sich für den weltweiten Ausbau Erneuerbarer ein, indem sie Daten und Statistiken zu erneuerbaren Energien zur Verfügung stellt und Beratung zu Finanzierungsmechanismen, Technologien und Politikentwicklungen anbietet. Es war die deut-

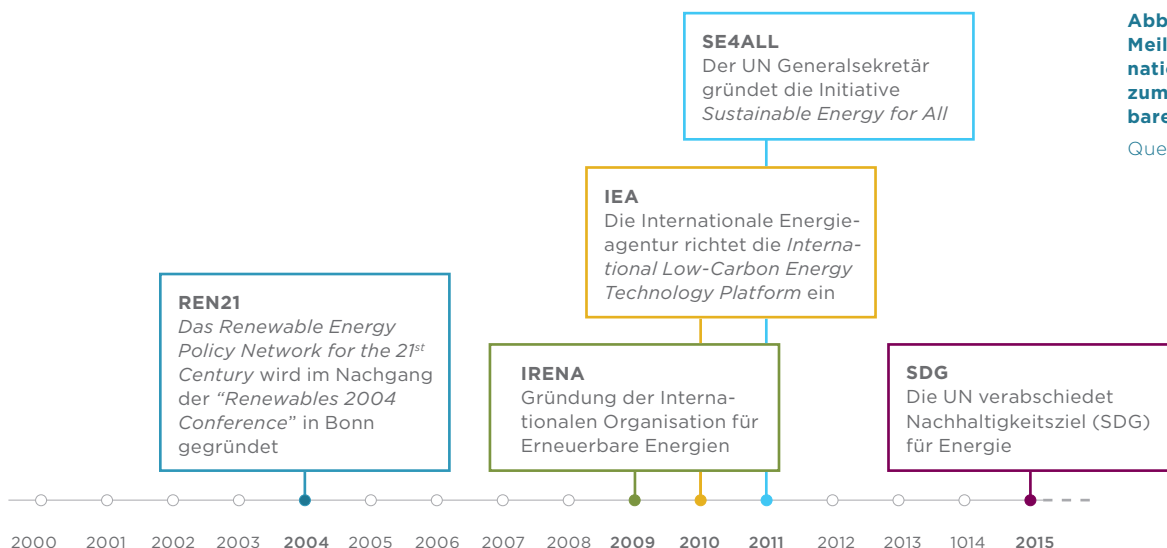


Abbildung 8
Meilensteine der internationalen Kooperation zum Ausbau erneuerbarer Energien

Quelle: IASS

sche Regierung, die die Initiative zur Gründung der IRENA ergriff, internationale Unterstützung mobilisierte und den Gründungsprozess organisierte. Bis heute ist Deutschland ein zentraler Financier und Mitgestalter der IRENA (Röhrkasten 2015a, Röhrkasten und Westphal 2013). Auch das Multi-Stakeholder-Netzwerk Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) wurde von Deutschland mitgegründet. Ein zentrales Produkt ist der jährlich erscheinende globale Statusbericht über die Förderung und Nutzung von erneuerbaren Energien. Darüber hinaus organisiert REN21 internationale Konferenzen zu erneuerbaren Energien, die alle zwei bis drei Jahre in wechselnden Ländern stattfinden.

Seit der Gründung von REN21 und IRENA ist viel Bewegung in die internationale Kooperation zu erneuerbaren Energien gekommen. Auch die IEA baute ihre institutionellen Kapazitäten im Bereich der erneuerbaren Energien aus (Van de Graaf 2012). Desgleichen wurden die Vereinten Nationen – die sich bis dahin kaum mit erneuerbaren Energien befasst hatten – nun aktiv. Im Herbst 2011 lancierte der UN Generalsekretär die Initiative Sustainable Energy for All (SE4All), die bis 2030 eine Verdoppelung des Anteils Erneuerbarer am globalen Energiemix vorsieht; im selben Zeitraum will sie den Zugang aller zu modernen Energiedienstleistungen gewährleisten und die Verbesserungsrate für Energieeffizienz verdoppeln. Im September 2015 verabschiedeten die Vereinten Nationen darüber hinaus nachhaltige Entwicklungsziele (sustainable development goals, SDGs), die auch den weltweiten Ausbau erneuerbarer Energien umfassen.

Neben diesen multilateralen Ansätzen engagiert sich Deutschland auch in seiner bilateralen Zusammenarbeit für den Ausbau erneuerbarer Energien (siehe BMZ 2014). Seit über 10 Jahren bilden erneuerbare Energien einen Schwerpunkt der deutschen Entwicklungszusammenarbeit. Der Energiesektor ist der größte Förderbereich der deutschen Entwicklungszusammenarbeit und Deutschland ist der weltweit größte bilaterale Geber im Energiesektor.⁷ Die deutsche energiebezogene Entwicklungszusammenarbeit umfasst die drei Teilbereiche Zugang zu Energie, erneuerbare Energien

und Energieeffizienz. Zwischen 2004 und 2011 wurden hier Mittel in Höhe von circa sechs Milliarden Euro zugesagt, im Jahr 2011 allein 1,86 Milliarden Euro. Als Beitrag zur UN Initiative SE4All plant die Bundesregierung, diese Mittel deutlich auszuweiten. Bis zum Jahr 2030 soll eine Verdoppelung der Mittel auf mindestens 3,6 Milliarden Euro pro Jahr erreicht werden (BMZ 2014: 11). Über die Entwicklungszusammenarbeit hinaus unterhält die Bundesregierung mit elf Ländern bilaterale Energiepartnerschaften (Algerien, Brasilien, China, Indien, Marokko, Nigeria, Norwegen, Russland, Südafrika, Tunesien und Türkei). Nach offiziellen Angaben zielen diese Energiepartnerschaften mit wichtigen Energieerzeuger-, Transit- oder Verbraucherländern vor allem auf den Ausbau erneuerbarer Energien und die Verbesserung der Energieeffizienz.⁸

Schließlich hat sich Deutschland in der Vergangenheit auch in Europa für eine ambitionierte Energie- und Klimapolitik eingesetzt. Ein wichtiger Erfolg war die Einführung eines verbindlichen Ziels, bis 2020 20 Prozent erneuerbare Energien am Strommix in der EU zu erreichen sowie der damit verbundenen nationalen Zielvorgaben. Bei der Verhandlung der Ziele für das Jahr 2030 war das Engagement Deutschlands allerdings weniger ausgeprägt (Ancygier und Szulecki 2013). Die Abschaffung verbindlicher nationaler Ziele für den Ausbau erneuerbarer Energien im EU-2030-Klima- und Energierahmen muss als ein Rückschritt für die deutsche Energiewende-Politik gesehen werden. Auch eine stärkere Harmonisierung der europäischen Förderpolitik nach dem erfolgreichen deutschen Vorbild hat Deutschland nicht aktiv im Rahmen seiner Europapolitik verfolgt. Stattdessen hat man sich auf die Vorbildfunktion der deutschen Energiewende-Politik verlassen (Geden und Fischer 2014, Solorio, Öller und Jörgens 2014). Eine aktivere Koordinierung und Integration mit seinen Stromnachbarn rückt zunehmend in den Fokus der Bemühungen. So unterzeichnete die Bundesregierung im Juni 2015 gemeinsam mit den Regierungen von zwölf für die Stromversorgung wichtigen Nachbarstaaten eine politische Erklärung zur verstärkten Kooperation bei der Versorgungssicherheit (BMWi 2015c).

⁷ Laut Daten von OECD.Stat (2016) war Deutschland im Jahr 2014 der größte bilaterale Geber, gefolgt von Japan. Zwischen 2010 und 2014 flossen 18 Prozent der deutschen Entwicklungsgelder in den Energiesektor.

⁸ BMWi, Energiepartnerschaften, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Europaische-und-internationale-Energie-politik/internationale-energiepolitik,did=551754.html>

China ist das Land mit den
weltweit größten Wind-
kraftkapazitäten.

© istock



4. Der globale Ausbau erneuerbarer Energien – ein Zusammenspiel verschiedener Vorreiter

Deutschland ist wichtiger, aber nicht alleiniger Vorreiter des globalen Ausbaus erneuerbarer Energien. Schon in ihrer Frühphase wurde die weltweite Ausbreitung der erneuerbaren Energien durch eine Reihe von Vorreiterländern und ihre Förderstrategien angetrieben. Nicht ein einziges Land oder Ereignis, sondern das Zusammenspiel verschiedener Länderstrategien hat die dynamische Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien ermöglicht. Neben Deutschland haben unter anderem Japan, die USA, Dänemark und in der jüngeren Vergangenheit auch China zentrale Beiträge zur globalen Entwicklung des Sektors und damit auch zum Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland geleistet.

4.1 Wind- und Solarenergie im Wechselspiel der Vorreiter

Im Bereich der Wind- und Solarenergie hatten die Entwicklungen in Deutschland eine Schlüsselfunktion für eine Akzeleration der Ausbaudynamik. Nachdem die USA und Dänemark in den 1970er und 1980er den Ausbau der Windenergie stark vorangetrieben hatten, war die deutsche Förderpolitik dann

in den 90er Jahren der wesentliche Treiber für einen exponentiellen Anstieg des weltweiten Ausbaus der Windenergie. Der Markt in Deutschland ver Hundertfachte sich von 62 MW (1990) auf über 6 GW (2000) und machte damit mehr als ein Drittel der weltweit installierten Kapazität in dem Zeitraum aus.⁹ Eine ähnliche Schlüsselrolle spielte der deutsche Markt für den weltweiten Durchbruch der Solarenergie im darauffolgenden Jahrzehnt. Im Jahr 2000 führte die Bundesregierung das erste Fördersystem weltweit ohne Mengenbegrenzung ein. Eine Erhöhung der Fördersätze im Jahr 2004 war schließlich der Auslöser für das dynamische Marktwachstum in Deutschland. Die hier geschaffenen stabilen Marktbedingungen schafften in den darauffolgenden Jahren die Grundlage für umfangreiche Investitionen in die Modulproduktion und damit für die weitreichenden Kostenreduzierungen im Laufe des Jahrzehnts (siehe Abbildung 9). Eine enge Zusammenarbeit von Modulherstellern, Forschungseinrichtungen und der Maschinenbaubranche ermöglichten zudem eine kontinuierliche Verbesserung der Produktionsmittel (Bruns et al. 2009, Quitzow 2014).

⁹ Eigene Berechnung auf der Basis von Daten des Earth Policy Institute Data Center (http://www.earth-policy.org/?/data_center/C23/).

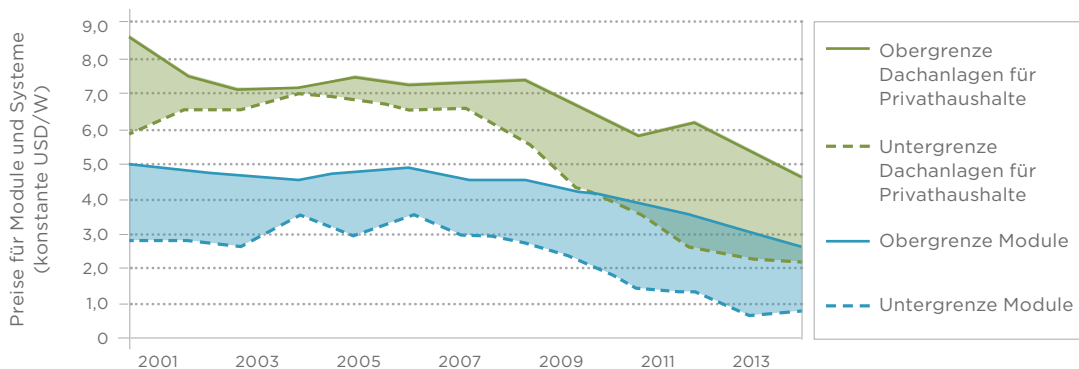


Abbildung 9
Kostensenkungen
für Photovoltaik-
Module und Systeme
(2001–2013)

Quelle: IEA-PVPS (2014)

In beiden Sektoren sind Entwicklungen in Deutschland allerdings auch in Abhängigkeit zu anderen Länderstrategien zu sehen und wurden durch dortige Entwicklungen vorbereitet bzw. verstärkt. In Europa waren neben Deutschland die Märkte in Italien und Spanien über mehrere Jahre wichtige Treiber der globalen Nachfrage. Zudem hat China einen zentralen Beitrag zur Entwicklung von Solar- und Windenergie geleistet. Im Solarsektor waren die Investitionen chinesischer Firmen ab 2005 zentral für den Aufbau einer Massenfertigung von Photovoltaikzellen und -modulen und damit für die Überwindung der damaligen Knappheit auf dem globalen Markt. Diese hatte von 2004 bis Ende 2008 zu einem Anstieg der Modulpreise geführt (Quitow 2014). Mit der Ausweitung der chinesischen Produktionskapazitäten hat sich das Land nun auch als zentraler Motor für die weltweite Nachfrage etabliert. Seit 2013 führt es den globalen Ausbau mit über 10 GW jährlich an (REN21 2015, 2014). Eine ähnliche Rolle spielt China seit fast zehn Jahren für den weltweiten Ausbau der Windenergie, wo es seit 2009 den jährlichen Zubau anführt (Fraunhofer-IWES 2014, 2015).¹⁰

Auch die USA hat in beiden Sektoren in verschiedenen Entwicklungsphasen eine wichtige Rolle gespielt. Ende der 1970er Jahre löste ein Bündel von Maßnahmen auf Bundesstaat- und föderaler Ebene einen regelrechten Boom der Windenergie in Kalifornien aus. In den 1980er Jahren machte der amerikanische Markt über 75 Prozent der weltweiten Nachfrage aus. Aufgrund der fehlenden Industrie in der USA konnten vor allem Unternehmen aus Dänemark, dem Pionierland der Technologieentwicklung im Windenergiesektor,

von diesen Marktentwicklungen profitieren (Ohlhorst 2008). Das Zusammenspiel dieser zwei Länder ermöglichte wichtige technologische Fortschritte sowie signifikante Kostenreduzierungen in dieser Zeitperiode. Noch heute ist Dänemark das Land mit der höchsten Marktdurchdringung, während die USA nach einer Phase sehr langsamen Wachstums den Ausbau in den vergangenen zehn Jahren gemeinsam mit China anführt (Fraunhofer-IWES 2015).

Im Solarsektor war die USA lange Zeit Vorreiter in der Technologieentwicklung. Besonders beeindruckend war das „Flat-Plate Solar Array Project“, das zwischen 1975 und 1985 mit einem Budget in Höhe von 1,5 Milliarden US Dollar gefördert wurde und wichtige Beiträge zur Kostenreduzierung leisten konnte (Callaghan und McDonald 1986). Frühe Markt- und Industrieentwicklungen wurden in Japan vorangetrieben. Seit den 1970er Jahren spielten dort neben Anwendungen in Haushaltsgeräten die Energieversorgung von Telekommunikationsmasten und andere off-grid Verwendungen eine wichtige Rolle. In den 1990er Jahren wurde dann das erste groß angelegte Programm für PV-Dachanlagen in Japan eingeführt. Die stabile Förderpolitik Japans in dieser Zeit führte zu wichtigen Investitionen in die industrielle Fertigung von Photovoltaik-Modulen durch Hersteller wie Sharp, Sanyo und Kyocera. Die kontinuierliche Absenkung von Subventionen führte dann zu einer Halbierung der Modulpreise zwischen 1994 und 2000 (Kimura und Suzuki 2006). Eine detaillierte Darstellung der historischen Entwicklung des Photovoltaik-Sektors erfolgt in Box 1.

¹⁰ Nur im Jahr 2012 konnte die USA einen etwas höheren Zubau verzeichnen.

HISTORISCHE ENTWICKLUNG DES PHOTOVOLTAIK-SEKTORS

Box 1

Die Geschichte der modernen Photovoltaikindustrie beginnt in den USA mit der Entdeckung der kristallinen Photovoltaiktechnologie an den Bell Labs im Jahr 1954. Die Technologie wurde im Anschluss in den USA vor allem für den Einsatz im Weltraum zur Energieversorgung von Satelliten weiterentwickelt. In Japan hingegen wurde bereits seit den 1960er Jahren auch die Nutzung in Haushaltsprodukten, wie z. B. Taschenrechnern, verfolgt (Kimura und Suzuki 2006, Willeke und Räuber 2012).

Im Zuge der Ölpreiskrise kam die Photovoltaik dann zum ersten Mal als ernsthafte Alternative für die herkömmliche Energieversorgung in die Diskussion. Neben Japan und der USA investierte auch Deutschland in dieser Phase in die Entwicklung der Photovoltaik-Technologie. Am ambitioniertesten war jedoch das Engagement der USA. Dort wurde 1975 das „Flat-Plate Solar Array Project“ eingerichtet, das mit einem Budget in Höhe von 1,5 Milliarden US Dollar über einen Zeitraum von 10 Jahren gefördert wurde. Ein zentrales Projektziel war die Senkung der Herstellungskosten auf 0,50 US Dollar pro Wp. Auch wenn das Projektziel nicht erreicht wurde, konnten die Herstellungskosten dennoch um ein vielfaches reduziert werden – von 75 auf unter 10 US Dollar bzw. bei industrieller Fertigung auf geschätzte 1,50 US Dollar (Callaghan und McDonald 1986).

In den 1980er Jahren blieben die USA und Japan weiterhin die größten Hersteller und Anwender von Photovoltaik-Produkten. In Japan spielten vor allen Dingen die Energieversorgung von Telekommunikationsmasten und andere off-grid Verwendungen eine wichtige Rolle. Deutschland machte Anfang der 1990er Jahre mit dem 1000-Dächer Programm dann einen Vorstoß mit dem ersten größer angelegten Programm für netzgebundene Photovoltaik-Systeme. Nach dessen Beendigung im Jahr 1994 kam die Förderung des Photovoltaik-Zubaus durch die Bundesregierung jedoch wieder zum Erliegen, so dass der deutsche Markt in den folgenden fünf Jahren vor allem durch lokale Initiativen von Bürgern und Stadtwerken aufrechterhalten wurde (Willeke und Räuber 2012).

Stattdessen knüpfte die japanische Regierung an ihre ambitionierte Politik der letzten Jahrzehnte an und führte Ende 1993 ein 70.000-Dächer Programm ein. Für die nächsten zehn Jahre blieb Japan dann auch der weltweit größte Absatzmarkt für Photovoltaik-Produkte. Die stabile Förderpolitik Japans in dieser Zeit führte zu wichtigen Investitionen in die Massenfertigung von Photovoltaik-Modulen durch große japanische Hersteller wie Sharp, Sanyo und Kyocera. Die kontinuierliche Absenkung der Subventionen führte in dieser Periode dann auch zu kontinuierlichen Rückgängen der Modulpreise von ca. \$6 auf \$3 Wp. Dies war sowohl auf eine Reduktion der Produktionskosten als auch die Bereitschaft dieser Konzerne zurückzuführen, zeitweilig Module mit Verlusten zu verkaufen, um ihre Führungsposition auf diesem neu entstehenden Markt zu sichern (Kimura und Suzuki 2006, Mints 2012).

Im Jahr 2004 begann schließlich der Aufstieg Deutschlands zum größten Absatzmarkt für Photovoltaik-Systeme. Die im Jahr 2000 eingeführte Einspeisevergütung für Photovoltaik-Strom wurde in diesem Jahr auf maximal 57,4 Euro-Cent pro kWh erhöht, so dass die Installation von Solardachanlagen auch ohne zusätzliche Fördermittel rentabel wurde. Als erste Förderpolitik ohne Mengenbegrenzung löste dies einen starken Anstieg der Nachfrage aus. Engpässe in der Siliziumerzeugung verhinderten anfangs jedoch die notwendige Ausweitung der Modulproduktion. Im Jahr 2008 schaffte ein kurzfristiger Boom des spanischen Marktes einen zusätzlichen Nachfrageschub, so dass internationale Modulpreise in diesem Jahr sogar wieder auf etwa 4 US Dollar pro Wp stiegen (Quitow 2014, Willeke und Räuber 2012).

Dieses Ungleichgewicht aus Angebot und Nachfrage löste zwischenzeitlich einen weltweiten Investitions-Boom aus. Insbesondere chinesische Firmen nutzten das günstige Marktumfeld, um ihren Absatz in Europa zu steigern und Investoren zu gewinnen. In den Jahren 2005 bis 2008 realisierten zehn chinesische Solarfirmen Börsengänge in New York und London und erzielten dabei etwa 50 Prozent der globalen Erlöse aus Aktienverkäufen in der Branche. Die damit verbundene Ausweitung des Angebots führte dann 2009 zu dem bereits erwartenden Verfall des Modulpreises auf nunmehr ca. 2 US Dollar pro Wp (Quitow 2014). Dies löste wiederum eine Beschleunigung des Photovoltaik-Zubaus vor allem in Europa, aber auch in Japan und den USA aus. Neben Deutschland hatte Italien besonders günstige Förderbedingungen geschaffen, so dass in den Jahren 2009 bis 2012 fast die Hälfte des weltweiten Zubaus in diesen zwei Ländern stattfand.¹¹

In beiden Ländern wird die Einspeisevergütung auf die Strompreise umgelegt und für einen Zeitraum von 20 Jahren ausgezahlt, so dass diese Boom-Phase die jährlichen Umlagen auf knapp 20 Milliarden Euro in Deutschland bzw. über 8 Milliarden Euro in Italien anwachsen ließ (Antonelli und Desideri 2014, Matschoss und Töpfer 2015). In beiden Fällen waren die steigenden Kosten der Förderung Anlass für die Einführung von Mechanismen zur Beschränkung des weiteren Ausbaus. Seit 2013 wird der damit verbundene Rückgang des Ausbaus in Europa jedoch durch den Zubau in anderen Regionen mehr als kompensiert. Nicht zuletzt wegen der großen Produktionskapazitäten steckte sich die chinesische Regierung 2009 ambitionierte Ausbauziele, die seitdem mehrfach auf mittlerweile 100 GW angehoben wurden. Seit 2013 führt China, gefolgt von Japan und der USA, den weltweiten Zubau mit über 10 GW jährlich an. Europäische Märkte hingegen machen mittlerweile weniger als 20 Prozent des jährlichen Zubaus aus (REN21 2013a, 2014, 2015).

¹¹ Eigene Berechnung auf der Basis von Daten des Earth Policy Institute Data Center (http://www.earth-policy.org/?/data_center/C23/).

4.2 Vorreiter einer erneuerbaren Stromerzeugung

China und die USA spielen, bezogen auf die kumulierte Kapazität zur erneuerbaren Stromversorgung, auch in anderen Energie-Technologiefeldern eine wichtige Rolle (siehe Abbildung 10). Neben Wind und PV wird auch der Bereich der Wasserkraft von China angeführt. Nur bei Geothermie und Solarthermie (CSP) zählt China nicht zu der Spitzengruppe.

Die USA ist in den Bereichen der Bioenergie und der Geothermie führend und belegt bei Wind und CSP den zweiten Platz. Auch bei Wasserkraft und PV gehören die USA zu den Top Five. Darüber hinaus sind Brasilien, Indien, Italien, Japan und Spanien mehrfach unter den führenden Ländern. Deutschland spielt neben Wind und PV auch im Bereich der Bioenergie eine führende Rolle.

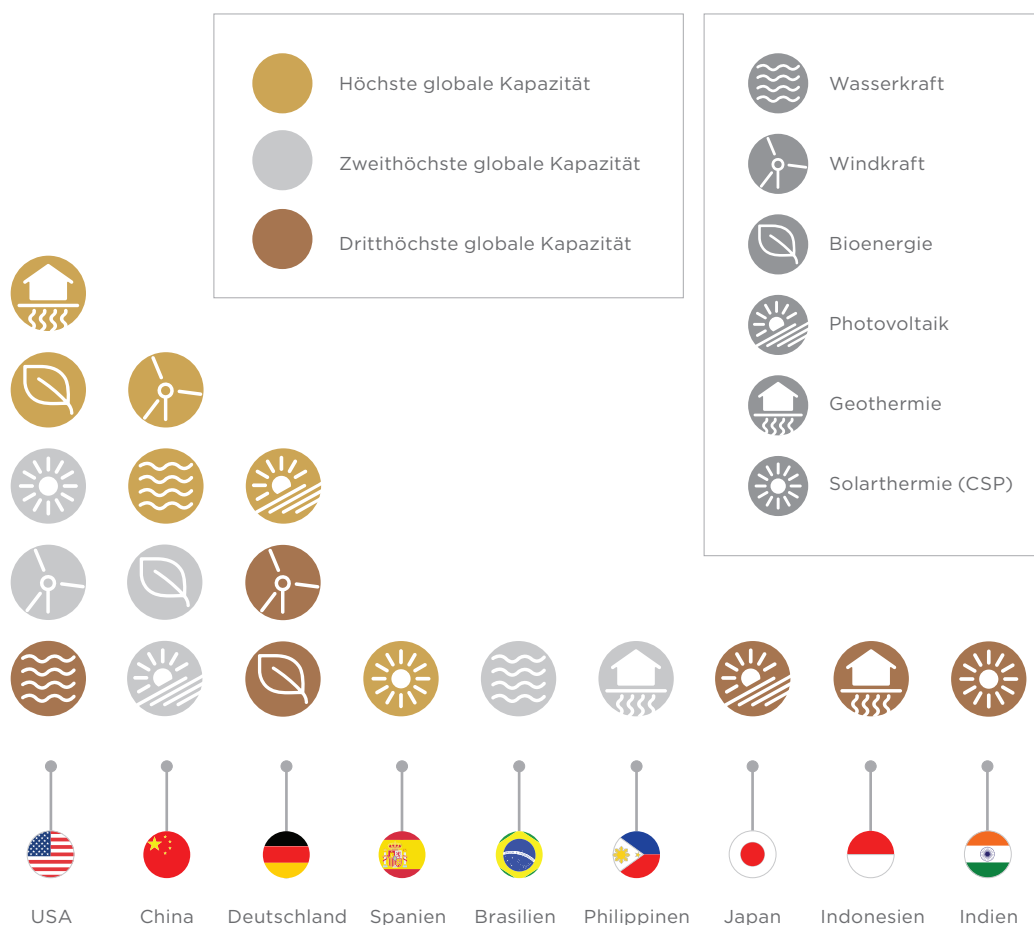


Abbildung 10
Internationale Vorreiter
im Ausbau der erneuer-
baren Energien (2014)

Quelle: IASS basierend
auf REN21 (2015)

Laut der US Energieinformationsbehörde (EIA)¹² stammen in über 50 Ländern bereits heute über 50 Prozent der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen (siehe Abbildung 11). Dies gilt insbesondere für Länder mit ausgeprägten Wasserkraft-Kapazitäten. In diesen Ländern setzte sich die Wasserkraft von Anfang an gegen andere Energieträger durch. In 12 Ländern besteht die Stromversorgung sogar bereits zu 98 bis 100 Prozent aus erneuerbaren Quellen, wie z.B. in Äthiopien, Costa Rica, Island, Nepal, Norwegen und Sambia. Innerhalb der EU können zudem Österreich (78%), Lettland (68%), Schweden (60%), Dänemark (51%), Kroatien (50%), Portugal (44%) und

Finnland (42%) hohe Erneuerbare-Anteile vorweisen. In einigen Fällen erreichen Länder auch ohne Wasserkraft hohe Anteile an erneuerbaren Energien. Mit einem Anteil von ca. 50 Prozent erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung, der ohne einen Beitrag der Wasserkraft erreicht wird, ist Dänemark der bemerkenswerteste Fall. Aber auch Portugal, Nicaragua, El Salvador und Island kommen ohne Wasserkraft auf Anteile von ca. 30 Prozent. Laut Statistiken der US Energieinformationsbehörde für das Jahr 2012 liegt Deutschland mit etwas über 20 Prozent auf Platz 10.

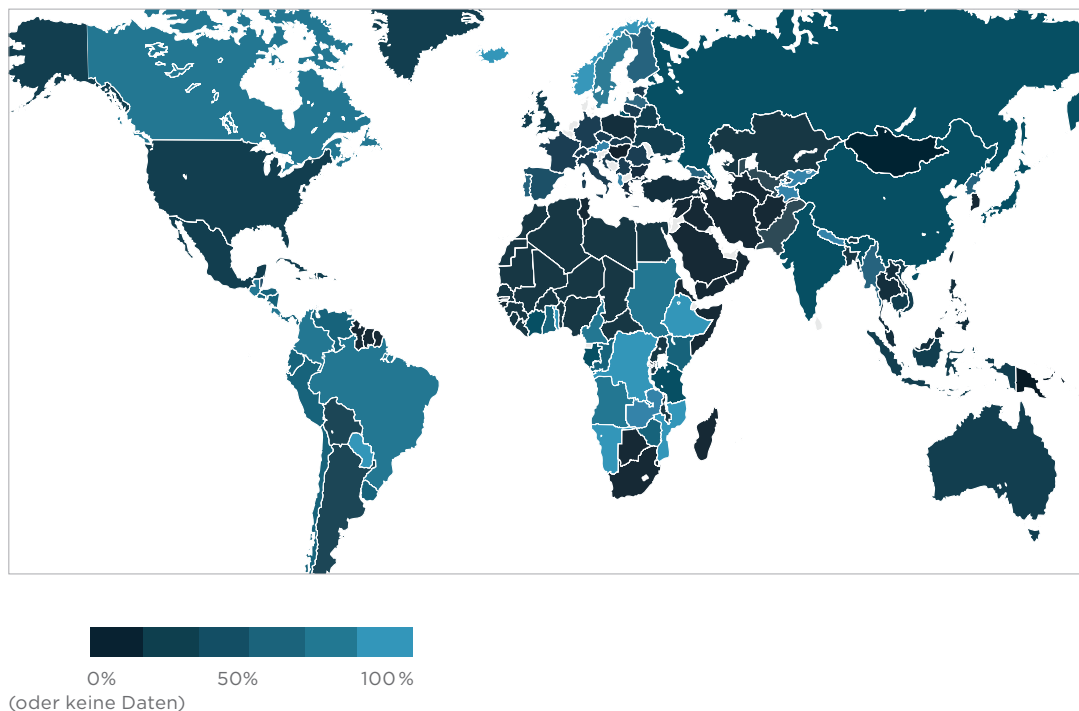


Abbildung 11
Erneuerbaren-Anteile
der Stromerzeugung
im globalen Vergleich
(2013)

Quelle: IASS basierend
auf Daten der Weltbank
und der IEA World
Energy Balances 2013

¹² Die Zahlen in diesem Absatz wurden auf der Basis von Daten der US Energy Information Administration für das Jahr 2012 berechnet (<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=12>).

Beim bisherigen raschen Ausbau, aber auch bei den anspruchsvollen Ausbauzielen der erneuerbaren Energien steht Deutschland nicht allein. Während die deutschen Zielsetzungen bis 2050 einen Erneuerbaren-Anteil von 80 Prozent im Stromsektor und einen Anteil von 60 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch vorsehen, streben einige Länder eine zu 100 Prozent erneuerbare Strom- bzw. Energieversorgung an. Darunter sind zum einen Länder, in denen Wasserkraft eine bedeutsame Rolle spielt, wie Costa Rica, Schottland und die Republik Fidschi. Aber auch Dänemark und Tuvalu möchten vollständig auf erneuerbare Quellen setzen, ohne über signifikante Wasserkraft-Kapazitäten zu verfügen. Dänemark baut vor allem auf Wind- und Bioenergie, Tuvalu auf Solarenergie (REN 2015: 140f., 151, IRENA RESource).¹³

4.3 Jenseits der Stromwende

Schließlich gibt es weitere Vorreiter, die auch jenseits des Stromsektors den Ausbau erneuerbarer Energien vorantreiben. Die Maßnahmen zur Förderung einer Energiewende im Transportsektor in Brasilien, der USA, Schweden und Norwegen sind besonders bemerkenswert (siehe Box 2). Schließlich ist der Transportsektor für eine globale Energiewende eine besondere Herausforderung – kein anderer Sektor ist nach wie vor so abhängig von fossilen Energieträgern (IEA 2015a: 348).

Auch bei der Erzeugung von Wärme und Kälte mit erneuerbaren Energien lassen sich Vorreiter identifizieren. Weltweit erreichen diese Energien hier einen Anteil von 10 Prozent (IEA 2015a: 348). Im internationalen Vergleich sehr hohe Erneuerbaren-Anteile bei der Erzeugung von Wärme und Kälte können nord-europäische Länder vorweisen. Schweden ist weltweit führend mit 67,2 Prozent, gefolgt von Finnland und Lettland mit jeweils ca. 50 Prozent. Darüber hinaus erreichen Dänemark, Estland, Litauen, Österreich, Portugal und Slowenien Erneuerbare-Anteile von über 30 Prozent. In Deutschland liegt der Erneuerbaren-Anteil zur Erzeugung von Wärme und Kälte

dagegen nur bei 12,2 Prozent, und damit etwas über dem weltweiten Durchschnitt (REN21 2015: 142). Im Bereich der erneuerbaren Wärme spielt Energie aus Biomasse und Biogas bislang die wichtigste Rolle.¹⁴ Sie wird vor allem in Europa, Asien und Nordafrika eingesetzt. In Nordeuropa wird mit ihr Fernwärme betrieben. Innerhalb Europas sind Schweden, Finnland, Deutschland, Frankreich und Italien führend. Darüber hinaus tragen Solarthermie und Geothermie zur Bereitstellung erneuerbarer Wärme bei. Für die Erzeugung von Kälte kommen erneuerbare Energien bislang nur geringfügig zum Einsatz. Der Weltmarkt für solare Kältetechnologien ist in den letzten Jahren jedoch stark gewachsen, mit jährlichen Wachstumsraten von über 40 Prozent. Solare Kühlung wird vor allem in Asien, Europa, dem Nahen Osten und Nordamerika eingesetzt (REN21 2015: 33f., 42).

Schließlich ist der Bereich der Energieeffizienz für eine globale Energiewende von großer Bedeutung. Die Zahl der Länder mit nationalen Energieeffizienzzielen hat sich von 2006 bis 2011 verdoppelt (ADEME/World Energy Council 2013). In der EU gilt das indikative Ziel, bis 2030 Energieeinsparungen von mindestens 27 Prozent gegenüber dem business as usual-Szenario zu erreichen (European Council Conclusions, 24.10.2014). Darüber hinaus haben Länder wie China, Indien, Südafrika, Thailand, die USA und die ECOWAS-Staaten Energieeffizienz-Ziele verabschiedet (REN21 2015: 119f.). In einer Studie des American Council for an Energy-Efficient Economy wurde die Performanz der 16 größten Volkswirtschaften im Bereich der Energieeffizienz anhand von 31 Indikatoren¹⁴ verglichen. Deutschland kommt bei der Gesamtwertung sowie bei der Bewertung des Industriesektors auf Platz 1 gefolgt von Italien, der EU und China (in der Gesamtwertung). Im Transportsektor führt Italien die Liste an, gefolgt von Indien, Japan und Großbritannien. Deutschland kommt nur auf Platz 13. Im Gebäudebereich liegt China auf Platz 1, gefolgt von Deutschland, der EU und Frankreich (Young et al. 2014).

¹³ Das 100-Prozent-Ziel gilt in Dänemark für die gesamte Energieversorgung; in den anderen Ländern ist der Stromsektor der Bezugspunkt.

¹⁴ Die Indikatoren bilden sowohl Politikmaßnahmen als auch quantitative Daten sowohl zur Performanz als auch zur Verbesserungsrate der Volkswirtschaft als Ganzes sowie in den Bereichen Gebäude, Industrie und Transport ab. Die einzelnen Indikatoren werden mit Hilfe eines Punktesystems unterschiedlich gewichtet.

VORREITER EINER ENERGIEWENDE IM TRANSPORTSEKTOR

Box 2

Weltweiter Pionier einer Energiewende im Transportsektor ist Brasilien. Es begann schon in den 1970er Jahren mit der Umstellung des Transportsektors auf erneuerbare Energieträger. Als Reaktion auf die Ölpreisschocks setzte es ein ambitioniertes Programm zur Substitution von Erdöl durch Ethanol aus Zuckerrohr auf. Aus dieser Zeit stammt auch die Ethanol-Infrastruktur, die es brasilianischen Autofahrern ermöglicht, an allen Tankstellen Ethanol zu tanken. Ein entscheidender Meilenstein wurde mit der Entwicklung von Flex-Fuel-Fahrzeugen erreicht, deren Markteinführung im Jahr 2003 erfolgte. Diese können mit einer beliebigen Mischung aus Benzin und Ethanol betrieben werden und stellen mittlerweile 95 Prozent der in Brasilien neu verkauften PKW. Brasilianische Autofahrer können daher flexibel zwischen Benzin, das eine obligatorische Ethanol-Beimischung von 18 bis 25 Prozent enthält, und reinem Ethanol wählen. Im Zeitraum 2008 bis 2014 wurden auf dem brasilianischen Markt Ethanolbeimischungen erreicht, die zwischen 47 und 90 Prozent schwankten. Damit ist Brasilien das Land, das weltweit die höchsten Beimischungsraten erreicht. Nach den USA ist Brasilien zudem der größte Biokraftstoffproduzent der Welt. Im Jahr 2014 hatte es mit 23,4 Prozent zwar einen deutlich kleineren Anteil als die USA, in denen 47 Prozent der Biokraftstoffe produziert wurden. Es liegt jedoch mit einem deutlichen Vorsprung vor Deutschland, dem drittgrößten Produzenten, der nur auf einen Weltmarktanteil von 3,4 Prozent kommt. Die Umweltauswirkungen der brasilianischen Ethanolproduktion sind umstritten. Während Kritiker vor allem auf die negativen Auswirkungen der Ausbreitung monokultureller Landwirtschaft verweisen, unterstreichen Befürworter die positive CO₂-Bilanz von Ethanol aus Zuckerrohr (IEA 2014b: 254, Röhrkasten 2015b, USDA Foreign Agricultural Service 2014, REN21 2015: 129).

In den USA war die Einführung des Renewable Fuel Standard im Jahr 2005 der entscheidende Treiber für die Nutzung von Biokraftstoffen (IEA 2014b: 252). Dieser setzte die Zielmarke, bis zum Jahr 2012 7,5 Milliarden Gallonen Benzin durch erneuerbare Kraftstoffe zu ersetzen. In einer Erweiterung des Renewable Fuel Standard im Jahr 2007 schraubte die US-Regierung diese Zielsetzung auf 36 Milliarden Gallonen bis zum Jahr 2022 hoch. An US-Tankstellen können Ethanol-Beimischungen von 10 Prozent (E10) getankt werden. Flex-Fuel-Fahrzeuge gewinnen auch auf den US-Markt an Bedeutung. Sie stellen mittlerweile fünf Prozent der leichten Nutzfahrzeuge in den USA und können mit Ethanol-Beimischungen bis zu 85 Prozent (E85) angetrieben werden. Allerdings haben erst zwei Prozent der US-Tankstellen E85 in ihrem Angebot. Diese befinden sich vor allem in den Bundesstaaten des Mittleren Westens Minnesota, Illinois, Indiana, Iowa und Wisconsin, in denen die Ethanol-Produktion historisch am stärksten verankert ist. Im Jahr 2013 ersetzte Ethanol ca. 10 Prozent der Benzinnachfrage in den USA (REN21 2014: 34).

Sehr ehrgeizige Zielsetzungen für eine Energiewende im Transportsektor kann Schweden vorweisen: Bis zum Jahr 2030 soll der schwedische Fahrzeugbestand ganz ohne fossile Kraftstoffe auskommen und vollständig auf Biokraftstoffe und Elektromobilität setzen (REN21 2014: 29). Bis zum Jahr 2050 soll die schwedische Energieversorgung ganz ohne Netto-Emissionen von Treibhausgasen auskommen. Dies erfordert vor allem im Transportsektor ein starkes Umsteuern. Schließlich ist dieser mit einem Anteil von 45,3 Prozent der größte Emittent energiebedingter CO₂-Emissionen in Schweden (IEA 2013: 11). Bereits heute ist der schwedische Biokraftstoff-Anteil von 11 Prozent der höchste innerhalb der EU (EurObservEr 2014: 8). Neben einer verstärkten Nutzung von Bioenergie (Ethanol, Biodiesel, hydrogenated vegetable oils (HVO) und Biogas) möchte Schweden vor allem die Energieeffizienz im Transportsektor steigern. Darüber hinaus soll über gesellschaftliche Verhaltensänderungen im Transportsektor die Nachfrage nach (fossiler) Energie sinken und die Elektromobilität gefördert werden. Energieeffizienz und die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen in PKW werden durch steuerliche Anreize befördert. Fahrzeugtechnisch setzt Schweden auf Flex-Fuel-Fahrzeuge, Elektroautos und Hybridautos. In ihrer Länderstudie zu Schweden im Jahr 2013 weist die IEA allerdings drauf hin, dass ambitioniertere Maßnahmen notwendig seien, um bis 2030 das Ziel eines von fossilen Energieträgern unabhängigen Fahrzeugbestandes tatsächlich zu erreichen (IEA 2013). In Schweden und Norwegen werden Biokraftstoffe bereits in der kommerziellen Luftfahrt eingesetzt. Auch Norwegen fördert massiv Elektromobilität. Im Jahr 2014 konnte Norwegen den weltweit höchsten Anteil von Elektrofahrzeugen an neu verkauften Kraftfahrzeugen vorweisen. Während dieser im Jahr 2014 noch bei 12 Prozent lag, wurden im ersten Quartal 2015 bereits mehr als ein Drittel der neu zugelassenen Fahrzeuge in Norwegen mit Strom angetrieben (REN21 2015, Forbes 23.07.2015).



In Delhi und vielen
anderen Städten der Welt
leidet die Bevölkerung
unter starker Luftver-
schmutzung. Erneuerbare
Energien können einen
großen Beitrag zur lokalen
Luftreinheit leisten.

© istock

5. Vielfältige Vorteile erneuerbarer Energien – Treiber einer globalen Energiewende

Die weltweite Ausbau-Dynamik bei den erneuerbaren Energien beruht auf der Nutzung vielfältiger Vorteile, die mit Erneuerbaren realisiert werden können. Zunächst soll der enge Zusammenhang zwischen Energiewende und Klimaschutz unterstrichen werden. Hierbei ist ein zentraler Unterschied zwischen internationaler Klimapolitik und dem weltweiten Ausbau erneuerbarer Energien zu beachten: Während in der internationalen Klimapolitik der Fokus noch immer auf das *burden sharing* – also der Verteilung der Kosten einer anspruchsvollen Klimapolitik – gerichtet ist, rücken beim Ausbau erneuerbarer Energien die Chancen in den Mittelpunkt (*opportunity sharing*) und wirken als wichtige Treiber ihrer globalen Ausbreitung.

5.1 Energiewende: für den Klimaschutz unabdingbar

Der verstärkte Ausbau erneuerbarer Energien im Rahmen einer globalen Energiewende ist für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen und die Erreichung internationaler Klimaschutzziele unerlässlich. Schließlich ist die Energieversorgung weltweit für zwei Drittel der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich (IEA 2015b). Nach Schätzungen der IEA (2012: 3) dürfen bis 2050 nur noch zwei Drittel der weltweit nachgewiesenen fossilen Reserven gefördert werden, wenn die globale Erwärmung auf zwei Grad beschränkt werden soll und CCS-Technologien keinen breiten Einsatz finden. Für einen effektiven Klimaschutz muss vor allem die

weltweite Nutzung von Kohle und Erdöl gedrosselt werden (IEA 2014b: 87f.). Wichtige Teilerfolge konnten bereits erzielt werden. Aktuelle Zahlen der IEA zeigen, dass im Jahr 2014 erstmals seit 40 Jahren ein weltweiter Stillstand der energiebedingten Kohlenstoff-Emissionen erreicht werden konnte, der nicht auf einem wirtschaftlichen Abschwung beruht. Damit deutet sich erstmals eine absolute Entkopplung der energiebedingten Kohlenstoff-Emissionen vom Wirtschaftswachstum an. Die IEA führt diese Entwicklung vor allem auf den verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien in China (Wasserkraft, Solar, Wind) und den dortigen Rückgang der Kohleverbrennung sowie auf Steigerungen der Energieeffizienz und der Förderung erneuerbarer Energien in der OECD-Welt zurück (IEA 2015b: 11).¹⁵ Der weltweite Kohleverbrauch ist 2014 leicht und 2015 verstärkt zurückgegangen (BloombergBusiness 9.11.2015).

Der Ausbau erneuerbarer Energien bei gleichzeitiger Steigerung der Energieeffizienz bietet aber auch über den Klimaschutz hinaus wichtige Potenziale, sowohl für wirtschaftliche und soziale Entwicklung als auch für eine verbesserte Umweltverträglichkeit des Energiesystems. Die breite Palette der sogenannten *co-benefits* eines klimafreundlichen Entwicklungspfades bedeutet letztlich, dass Klimaschutz sich mit einem neuen Wohlstandsmodell verbinden lässt. Der IPCC hat 18 *co-benefits* des Ausbaus erneuerbarer Energien benannt (IPCC 2014, Jänicke, Schreurs und Töpfer 2015). Die IEA hat zudem einen *multiple benefits*-Ansatz für Energieeffizienz entwickelt (IEA 2014c).

¹⁵ Siehe auch IEA, global energy-related emissions of carbon dioxide stalled in 2014, <http://www.iea.org/newsroomandevents/news/2015/march/global-energy-related-emissions-of-carbon-dioxide-stalled-in-2014.html>

Ohne diese begleitenden Vorteile, speziell in wirtschaftlicher Hinsicht, lässt sich die oben skizzierte Ausbaudynamik nicht erklären.

5.2 Erneuerbare Energien als ökonomische Entwicklungschance

Die IRENA schätzt, dass 2015 ca. 7,7 Millionen Arbeitsplätze direkt oder indirekt von dem Sektor abhängen (IRENA 2015b). In Deutschland wird die Bruttobeschäftigung im erneuerbaren Energien-Sektor auf ca. 400.000 geschätzt (O'Sullivan et al. 2014). Das entspricht etwa der Hälfte der Beschäftigten in der heimischen Automobilindustrie, Deutschlands wichtigsten Industriesektor. Wenngleich diesen Zuwächsen an Arbeitsplätzen der Verlust etwa in der kohlebasierten Stromversorgung gegenübersteht, wird von einem positiven Saldo ausgegangen (Lutz et al. 2014). Diese ökonomischen Potenziale sind für viele Länder ein zentraler Treiber für den heimischen Ausbau erneuerbarer Energien. Eine steigende Anzahl von Ländern strebt eine Führungsposition in der industriellen Herstellung von Technologien für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien an. China hat bereits 2010 eine Strategie zur Förderung sieben sogenannter *emerging industries* entwickelt, darunter auch die erneuerbaren Energien-Industrie (State Council of the PRC 2010). Aber auch Länder wie Korea oder die USA haben entsprechende Politikziele formuliert (Presidential Commission on Green Growth 2009; The White House 2011). In einer Reihe von Entwicklungs- und Schwellenländern fokussieren die Bemühungen auf die Maximierung heimischer Wertschöpfungsanteile und entsprechender Beschäftigungseffekte (Jacob et al. 2014). Dabei wird vielfach eine höhere Arbeitsintensität als bei konventionellen Kraftwerken festgestellt, was bei vergleichbaren Gestehungskosten zu eindeutigen positiven Beschäftigungswirkungen führt.

5.3 Potenziale einer dezentralen Energieversorgung für Armutsreduzierung und Innovation

Die dezentrale Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen eröffnet zudem eine wichtige Chance für die Ausweitung des Zugangs zu Energie an der Basis der Einkommenspyramide. Hier sind die Herausforderungen nach wie vor erheblich: Weltweit haben 1,2 Milliarden Menschen keinen Zugang zu Strom.

Dies entspricht 17 Prozent der Weltbevölkerung – und der gesamten Bevölkerung der OECD-Welt (IEA 2015a: 101). Besonders betroffen ist Subsahara-Afrika, wo zwei Drittel der Bevölkerung bislang ohne Strom auskommen müssen (IEA 2014b: 28f., 73f.). Durch die Vermeidung der hohen Kosten eines Netzausbaus können mit erneuerbaren Energietechnologien die Barrieren für eine Elektrifizierung deutlich gesenkt werden. Durch Synergien mit anderen innovativen Geschäftsmodellen und Technologien entstehen zudem wichtige neue Entwicklungspfade. Die Kombination mit Mikrofinanz, Mobilfunk und digitaler Kommunikationsinfrastruktur bietet ein wichtiges Potenzial für die Entwicklung neuer Produkte und Geschäftsmodelle, die einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Lebenssituation in armen Gemeinden leisten kann. Neue Energiedienstleistungen sind sowohl das Resultat als auch eine wichtige Grundlage dieser neu entstehenden Entwicklungspfade.

5.4 Energiesicherheit und Preisstabilität

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz können auch einen wichtigen Beitrag zur Energiesicherheit und zur Unabhängigkeit von stark schwankenden Preisen für fossile Energieträger leisten. Dies ist besonders in Ländern wichtig, die mit einer stark steigenden Energienachfrage konfrontiert sind oder deren Energieversorgung eine hohe Importabhängigkeit aufweist. Laut Schätzungen der IEA wird der weltweite Energiebedarf bis zum Jahr 2040 um 32 Prozent steigen (IEA 2015a: 53). Während der Energieverbrauch im Großteil Europas, in Japan, Korea und Nordamerika stagniert, wird die Nachfrage im übrigen Teil Asiens, Afrika, dem Nahen Osten und Lateinamerika stark steigen. Auf Asien wird 60 Prozent des weltweiten Nachfrageanstiegs entfallen. Während China bis 2030 der zentrale Wachstumsmotor der globalen Energienachfrage ist, übernehmen ab 2030 voraussichtlich Indien, Südostasien, der Nahe Osten und Subsahara-Afrika diese Stellung (IEA 2014b: 53 ff.).

Eine Reduzierung der Importabhängigkeit ist für viele Länder auch aus sicherheitspolitischen Erwägungen ein wichtiges Anliegen. So können auf heimischen Boden erzeugte erneuerbare Energien die politische Abhängigkeit gegenüber energieexportierenden Ländern und die Verwundbarkeit bei

etwaigen Lieferunterbrechungen reduzieren. Eine hohe Importabhängigkeit weist beispielsweise die Europäische Union im Öl- und Gassektor auf. Über 80 Prozent des Öls und über 60 Prozent der Gasressourcen, die in den EU Mitgliedsstaaten verbraucht werden, werden importiert. Etwa zwei Drittel der Gasimporte stammen zudem aus nur zwei Ländern – Norwegen und Russland. Die Verringerung der Nachfrage bei gleichzeitigem Ausbau erneuerbarer Energien bieten eine wichtige Chance, um diese Abhängigkeit zu verringern (Blandow et al. 2010).

In Indien geht – wie bisher auch in China – eine stark steigende Energienachfrage mit einer ebenfalls steigenden Importabhängigkeit einher. Die Einfuhr fossiler Brennstoffe ist zwischen 1990 und 2012 von 15 Prozent auf knapp 40 Prozent gestiegen. Hier wird der Ausbau erneuerbarer Energien unter anderem als Beitrag zur Diversifizierung des Energiemix und zur Nutzung heimischer Energiequellen eingesetzt. Während Indien in der Vergangenheit vor allem Öl einführte, steigen Kohlimporte seit einigen Jahren rasant an und liegen mittlerweile bei 23 Prozent des heimischen Kohleverbrauchs (McKinsey 2014). Diese steigende Importabhängigkeit und das damit verbundene Wechselkursrisiko werden als zentrales Hemmnis für zukünftiges Wirtschaftswachstum gesehen (Dubash 2011, Mallet 2013, Quitzow, Libo, und Jacob 2013).

5.5 Beiträge zu lokalem Umweltschutz und Gesundheit

Erneuerbare Energien leisten im Vergleich zu fossilen Energien und Atomenergie auch wichtige Beiträge zur Verringerung lokaler Umweltbelastungen und –risiken sowie der damit verbundenen Gesundheitsprobleme.

In vielen Regionen sind dabei die Herausforderungen der lokalen Luftreinheit zentral (Schmale und Kuik 2013). In chinesischen Großstädten sterben Schätzungen zufolge jährlich ca. 650.000 Menschen an den Folgen urbaner Luftverschmutzung (Jing 2014). Hauptverursacher sind Verkehr und Stromerzeugung aus Kohle. Bereits Ende der 90er Jahre führten zahlreiche chinesische Städte Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen im Verkehrssektor, wie Verbote für fossil-angetriebene Motorräder oder Restriktionen für den Gebrauch persönlicher Fahrzeuge, ein.

Vor kurzem wurde zudem die Schließung der verbleibenden Kohlekraftwerke in der chinesischen Hauptstadt bis zum Jahre 2016 beschlossen. Dies ist Teil einer Initiative zur Reduktion des jährlichen Kohleverbrauchs um 13 Millionen Tonnen bis 2017 im Vergleich zum Basisjahr 2012 (Bloomberg 2015). Tatsächlich ist der Kohleverbrauch im Jahre 2014 um 2,9 Prozent gesunken und im ersten Halbjahr 2015 weiter zurückgegangen (China Climate Change Info-Net, 9.11.2015, BloombergBusiness, 9.11.2015).

Zu den Vorteilen der erneuerbaren Energien gehört auch, dass sie einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Wassernutzung leisten können. So reduzieren Windenergie und Photovoltaik den Wasserverbrauch und die Wasserverschmutzung bei der Stromgewinnung erheblich (Röhrkasten, Schäuble und Helgenberger 2016). Dies ist vor allem in Regionen von Bedeutung, die unter Wasserarmut leiden. Die Relevanz einer wasserschonenden Energieversorgung wird zukünftig stark zunehmen, schließlich wird nach Schätzungen des Weltwasserberichts bis zum Jahr 2030 40 Prozent der weltweiten Wassernachfrage nicht befriedigt werden können (UNESCO 2015).

Bei der Atomenergie kommen die bekannten Sicherheitsrisiken und das weltweit ungelöste Problem der Endlagerung radioaktiven Abfalls hinzu. Bei fossilen Energieträgern schlagen zudem die hohen Umweltschäden, die bei der Extraktion fossiler Brennstoffe auftreten, zusätzliche zu Buche. Dazu gehören insbesondere die erst neuerdings thematisierten Emissionen von Quecksilber oder Arsen. Wind- und Solarenergie bieten auch vor diesem Hintergrund eine weitaus günstigere Öko-Bilanz.

Selbstverständlich sind auch erneuerbare Energien nicht frei von Umweltbelastungen. Der IPCC (2011) hat in einem Sonderbericht hierzu eine differenzierte Bewertung vorgenommen. Aus diesem Grund sollte der Ausbau auf lokalen Potenzialen und Herausforderungen aufbauen und diese in eine ganzheitliche Bewertung unterschiedlicher Ausbaupfade eingehen. Dies gilt gleichermaßen für wirtschaftliche und soziale Aspekte des Ausbaus erneuerbarer Energien. Das Postulat höherer Energieeffizienz gilt zudem – nicht zuletzt im Interesse der Ressourcenschonung, aber auch vor dem Hintergrund neuer Nutzergruppen wie Elektromobilität – auch für den Umgang mit erneuerbaren Energien.



Die Internationale Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) ist eine starke Stimme für den weltweiten Ausbau Erneuerbarer. Sie wurde 2009 auf Initiative Deutschlands gegründet.

© IRENA

6. Potenziale und Herausforderungen einer internationalen Energiewende-Politik

6.1 Weltweiter Ausbau erneuerbarer Energien ist noch nicht ambitioniert genug

Trotz der vielfältigen Vorteile erneuerbarer Energien bleibt ihr breitenwirksamer Ausbau auf globaler Ebene eine Herausforderung. Auch in einigen europäischen Vorreiterländern zeichnet sich eine deutliche Verlangsamung des Ausbaus erneuerbarer Energien ab. Insbesondere in Italien und Spanien ist der Zubau nach einer Phase des explosiven Wachstums fast zum Erliegen gekommen. In Großbritannien – einem Vorreiter in der Klimapolitik – wurde die Förderung für erneuerbare Energien kürzlich stark gekürzt, so dass befürchtet wird, dass der Sektor in Zukunft nur noch sehr langsam wachsen wird.

Auch in Deutschland ist es im Ausbau der Solarenergie in den vergangenen Jahren zu einer starken Verlangsamung gekommen. In der Windenergie an Land liegt Deutschland noch an der Spitze der globalen Ausbauzahlen. Ein ambitionierter Ausbau ist auch in der Zukunft unabdingbar, wenn Deutschland seine Vorreiterrolle und die internationale Signalwirkung der deutschen Energiewende erhalten möchte.

Zudem genügt es für das Erreichen internationaler Klimaschutzziele nicht, wenn erneuerbare Energien konventionelle Energieträger nur ergänzen. Vielmehr ist eine zunehmende Substitution konventioneller Energieträger erforderlich. Zwar hat der globale Kohleverbrauch 2013/14 möglicherweise seinen Gipfelpunkt erreicht, aber die globale Bilanz ist bislang unzureichend. Auch wenn die weltweite Nutzung erneuerbarer Energien seit der Jahrtausendwende stark gestiegen ist, konnte ihr Anteil an der globalen

Primärenergieversorgung bis zum Jahr 2013 noch nicht signifikant ausgeweitet werden. Er lag im Zeitraum 2000 bis 2012 relativ konstant um die 13 Prozent und erreichte im Jahr 2013 14 Prozent. Selbst bei der Stromversorgung lässt sich nur ein leicht positiver Trend erkennen: der Anteil Erneuerbarer ist von 19 Prozent im Jahr 2000 auf 22,8 Prozent im Jahr 2014 gestiegen (REN21 2015, IEA 2015a: 348, 2014b: 242; 2010: 279).

Mit anderen Worten: der beschleunigte Ausbau der erneuerbaren Energien ging in der Vergangenheit mit einem entsprechenden Ausbau der fossilen Energieträger einher. In vielen Schwellen- und Entwicklungsländern, den zukünftigen Haupttreibern einer weltweit wachsenden Energienachfrage, geht man bisher weiterhin von einem Zubau fossiler Kapazitäten sowie Atomenergie aus. Im Gegensatz zu den saturierten Märkten der Industrieländer, in denen der Ausbau erneuerbarer Energien mit einem Rückbau bzw. einer Substitution konventioneller Energieträger einhergeht, ergibt sich ein solcher Zusammenhang in Entwicklungs- und Schwellenländern nicht automatisch. Erneuerbare Energien werden hier zumeist nicht als Ersatz bestehender Kapazitäten, sondern als Ergänzung zu den sonstigen Energieträgern gesehen.

6.2 Globale Trends sind auch für den Erfolg der Energiewende in Deutschland entscheidend

Nicht nur aus klimapolitischer Sicht hängt der Erfolg der deutschen Energiewende maßgeblich davon ab, inwiefern Entwicklungen in Deutschland zu einem globalen Ausbau der erneuerbaren Energien beitra-

gen. Auch der wirtschaftliche Erfolg der Energiewende wird stark von internationalen Entwicklungstrends beeinflusst. Darüber hinaus können die Energiewende und die internationale Aufmerksamkeit, die sie auf sich zieht, die internationale Reputation und damit die *soft power* Deutschlands stärken. Vor diesem Hintergrund hat das internationale Engagement der Bundesregierung im Rahmen der Energiewende eine zunehmende Bedeutung. Es bietet zahlreiche Chancen für eine verstärkte multilaterale und bilaterale Zusammenarbeit mit anderen Vorreiterländern und strategischen Partnern im Energiesektor.

Wie obige Ausführungen zeigen (siehe Kapitel 3.2), besteht bereits ein breites Portfolio an Aktivitäten und Ansätzen, das den Austausch mit Partnern im Energiesektor und insbesondere im Bereich der erneuerbaren Energien fördert. Dies bildet nicht nur eine starke Basis, sondern auch einen wichtigen Erfahrungsschatz für die weitere Entwicklung und den Ausbau einer internationalen Energiewende-Politik Deutschlands. Einzelne Erfahrungen wurden auch schon in Evaluierungen entsprechender Programme, beispielsweise der Exportinitiativen Erneuerbarer Energien und Energieeffizienz, ausgewertet und für die Politik nutzbar gemacht. Die internationale Energiewende-Politik Deutschlands ist erst seit kurzem Gegenstand wissenschaftlicher und politikberatender Studien (siehe z.B. Hirsch 2015, Hübner 2013, Jänicke 2013, Messner und Morgan 2013, Röhrkasten 2015, Röhrkasten und Westphal 2013, Steinbacher 2015, Steinbacher und Pahle 2015, Tänzler und Wolters 2014, Westphal 2012). Die zunehmende Dynamik des globalen Ausbaus der erneuerbaren Energien und der weltweite Innovationsschub, der damit einhergeht, bieten einen wichtigen Anlass für zusätzliche Analyse und Diskussion.

6.3 Empfehlungen für eine weitere Stärkung der internationalen Energiewende-Politik

Wie in dieser Studie skizziert, spielt Deutschland zwar nach wie vor eine wichtige Rolle als Vorreiter einer globalen Transformation des Energiesystems. Aber auch andere Länder nehmen wichtige Vorreiterrollen ein, darunter zunehmend auch Entwicklungs- und Schwellenländer. Dies bietet nicht nur wichtige

Marktchancen außerhalb Deutschlands. Es bedeutet auch, dass diese Innovations- und Transformationsprozesse neue Impulse für den Umbau des globalen Energiesystems geben werden. Eine internationale Energiewende-Politik für Deutschland muss daher nicht nur gewährleisten, dass deutsche Impulse auch weiterhin international eine Rolle spielen und zu einer weiteren Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien und der Dekarbonisierung des Energiesystems beitragen. Sie muss auch gewährleisten, dass Entwicklungen in anderen Vorreiterländern auch in Deutschland aufgegriffen werden.

Eine internationale Energiewende-Politik muss in Zukunft noch stärker den gegenseitigen Austausch und Wissenstransfer mit anderen Ländern fördern. Nur so können die mit der deutschen Energiewende verbundenen Innovationsprozesse und technologischen Veränderungen mittel- bis langfristig international anschlussfähig bleiben. Dabei kann die deutsche Energiewende nicht als Modell für andere Länder und Regionen verstanden werden. Sie muss vielmehr als eine erfolgreiche und dynamische Strategie im Austausch mit anderen Ländern fortlaufend weiterentwickelt werden. Nur so kann sie in Deutschland und Europa erfolgreich gestaltet werden, und nur so kann sie als Erfolgsbeispiel Impulse über Deutschland und Europa hinaus entfalten.

Die bilaterale Zusammenarbeit, beispielsweise in Form von Energiepartnerschaften, ist daher nicht nur eine Chance für den „Export“ der deutschen Energiewende sondern auch für den „Import“ internationaler Erfahrungen und Trends. Um dies zu unterstützen, sollte eine internationale Energiewende-Politik auch verstärkt Mechanismen beinhalten, um internationale Entwicklungen systematisch in nationale Diskussionsprozesse einfließen zu lassen. Dies sichert nicht nur die Anschlussfähigkeit technologischer Innovationen, es bildet auch eine wichtige Grundlage für die politische Anschlussfähigkeit der Energiewende. Eine konstruktive Zusammenarbeit mit internationalen Partnern erfordert eine ernsthafte Auseinandersetzung mit den Ansätzen anderer Vorreiterländer – auch über den Stromsektor hinaus. Entsprechende Erfolge sollten sowohl in der internationalen Kommunikationsstrategie als auch in der nationalen Diskussion Berücksichtigung finden. So könnte die deutsche Energiewende beispielsweise

von den Erfahrungen internationaler Vorreiter einer Energiewende im Transportsektor profitieren (siehe Kap. 4.3). Die bestehende Energiepartnerschaft mit Brasilien könnte verstärkt genutzt werden, um auch in Deutschland die Entwicklung und Nutzung von Biokraftstoffen der zweiten Generation und von Biokraftstoffen für die Luftfahrt voran zu treiben (Röhrkasten 2015b). Auch die dänischen Erfahrungen der Bürgerbeteiligung (Gotchev 2015), italienische Erfahrungen im Bereich Smart Meters (Erlinghagen, Lichtensteiger und Markard 2015) oder Lehren der Steuerung flexibler Lasten (*demand response*) in der USA (Bayer 2014) können einen Mehrwert für die deutsche Energiewende bieten.

Auch in der Entwicklungszusammenarbeit können die deutsche Energiewende und die damit verbundenen Politikinstrumente nur eine allgemeine Orientierung bieten. Die Anwendbarkeit einzelner Elemente hängt von den jeweiligen Zielen und landesspezifischen Bedingungen ab. Mit zunehmenden Erfahrungen in Entwicklungs- und Schwellenländern gibt es ein breites Spektrum an Erfahrungen, die ggf. besser den Herausforderungen dieser Partnerländer entsprechen. Hierzu gehören zum Beispiel innovative Ansätze zur Reduzierung von Investitionsrisiken (*derisking*) für die verstärkte Mobilisierung von Privatkapital (Schmidt 2014) sowie die Förderung von ökonomischer Wertschöpfung und Beschäftigung im Erneuerbaren-Energien-Sektor (Jacob et al. 2014). Für eine angemessene Beratung und eine erfolgreiche Unterstützung von Transformationsprozessen in Entwicklungsländern sind ein kontinuierlicher Austausch mit diesen Ländern und eine gezielte Auswertung dortiger Erfahrungen erforderlich. In Verbindung mit einer länderspezifischen Betrachtung und Bewertung der dort relevanten Vorteile erneuerbarer

Energien können so effektive Strategien für den beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien entwickelt werden.

Zu diesem Zweck können IRENA, SE4All, REN21 und auch die IEA nützliche Foren bieten. Teilweise werden diese Organisationen allerdings noch zu sehr durch die Interessen der Industrieländer dominiert. Die IEA, die bei der Analyse internationaler Energiemärkte nach wie vor führend ist, hat nur OECD-Staaten als Mitglieder. Doch auch in Organisationen, die Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer umfassen, dominieren zum Teil Industrieländer-Perspektiven. So kamen beim Global Futures Report von REN21 (2013b) fast 80 Prozent der befragten Experten aus Europa, den USA und Japan (Röhrkasten 2015a).

Schließlich sollte eine internationale Energiewende-Politik stärker als bisher die Entwicklung von Allianzen vorantreiben, die der Förderung einer globalen Energiewende auf höchsten politischen Ebenen dienen. Nur durch die gezielte Zusammenarbeit mit internationalen Partnern kann Deutschland in wichtigen internationalen Foren, wie G7 oder G20, oder im Rahmen der Europäischen Union, die Beschleunigung einer globalen Energiewende effektiv befördern. Die verstärkte Zusammenarbeit mit den europäischen Stromnachbarn ist in diesem Zusammenhang ein wichtiger Schritt. Doch auch darüber hinaus kann die Entwicklung politischer Allianzen einen wichtigen Beitrag zur Stärkung einer deutschen sowie globalen Energiewende leisten. Dies bedeutet, dass auch in Deutschland die internationale Energiewende-Politik stärker auf politischer Ebene verankert werden sollte. ■

Literaturverzeichnis

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)/World Energy Council.

2013. Energy Efficiency Policies and Trends at World Level. Angers: Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie.

Ancygier, Andrzej und Kacper Szulecki. 2013. Ohne Deutsche Führung Versagt Die EU Beim Klimaschutz. *Focus Online* 13.

Antonelli, Marco und Umberto Desideri. 2014. The Doping Effect of Italian Feed-in Tariffs on the PV Market. *Energy Policy* 67: 583–94.

Bayer, Benjamin. 2014. Demand Response – sind die USA ein Vorbild für Deutschland? Eine Analyse der Integration von Demand Response in die US-amerikanischen Kapazitäts- und Regelleistungsmärkte. IASS Working Paper, Juni 2014.

Blandow, Volker et al. 2010. Erneuerbare Energien Und Energieeffizienz Als Zentraler Beitrag Zur Europäischen Energiesicherheit. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt und Reaktorsicherheit (BMU).

Bloomberg. 2015. Beijing to Shut All Major Coal Power Plants to Cut Air Pollution. March 24, 2015.

Bloomberg Business. 2015. Global Coal Consumption Heads for Biggest Decline in History, 9.11.2015

Bruns, Elke, Dörte Ohlhorst, Bernd Wenzel und Johann Köppel. 2009. Erneuerbare Energien in Deutschland: Eine Biographie Des Innovationsgeschehens. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). 2011. Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale Und Internationale Entwicklungen. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). 2014. Nachhaltige Energie für Entwicklung. Die Deutsche Entwicklungszusammenarbeit im Energiesektor, BMZ Informationsbroschüre 1/2014

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). 2015a. Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland (unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbaren Energien-Statistik AGEE-Stat), Stand August 2015

- **2015b.** Erneuerbare Energien Im Jahr 2014. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- **2015c.** Gabriel: Zeitenwende Bei Der Strom-Versorgungssicherheit – 12 Nachbarstaaten Wollen Versorgungssicherheit Künftig Europäisch Denken. Pressemitteilung, 8.6.2015.

Callaghan, W. und R. McDonald. 1986. Flat-Plate Solar Array Project: Final Report. Pasadena, CA: Jet Propulsion Laboratory for the Department of Energy.

China Climate Change Info-Net.2015. China Promises Action on Climate ahead of Paris Talks, 9.11.2015.

Dubash, Navroz K. 2011. From Norm Taker to Norm Maker? Indian Energy Governance in Global Context. *Global Policy* 2(September): 66–79.

Energiekonzept der Bundesregierung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, 28.09.2010

Erlinghagen, Sabine, Bill Lichtensteiger und Jochen Markard. 2015. Smart meter communication standards in Europe – a comparison. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43: 1249 – 62.

EurObservEr. 2014. Biofuels Barometer, July 2014

European Council Conclusions, 24.10.2014. 2030 Climate and Energy Policy Framework. EUCO 169/14 EUCO 169/14

Forbes, 23.07.2015. Norway Leads The World's Market For Electric Vehicles [Infographic]. Contributor: Niall McCarthy.

Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. 2015. Global Trends in Renewable Energy Investments. Frankfurt a.M.: Frankfurt School of Finance & Management gGmbH.

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik. 2014. Wind Energiereport Deutschland 2013. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

- **2015.** Windenergie Report Deutschland 2014. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Geden, Oliver und Severin Fischer. 2014. Moving Targets: Negotiations on the EU's Energy and Climate Policy Objectives for the Post-2020 Period and Implications for the German Energy Transition. SWP Research Paper March 2014.

Gotchev, Boris. 2015. Market Integration and the Development of Wind Power Cooperatives in Denmark. Lessons Learned for Germany. IASS Plattform Energiewende, Februar 2015.

Hirsch, Thomas. 2015. Von der Energiewende lernen. Erwartungen der Entwicklungsländer an Deutschland, Studie, Friedrich-Ebert-Stiftung.

Hübner, Christian. 2013. Handlungsfelder und Ansätze einer deutschen Energiewende-Außenpolitik. KAS Analysen & Argumente 131, Berlin.

International Energy Agency (IEA). 2010. World Energy Outlook 2010.

- **2012.** World Energy Outlook 2012. Executive Summary.
- **2013.** Energy Policies of IEA Countries, Sweden 2013 Review.
- **2014a.** World Energy Investment Outlook. Paris: OECD/IEA.
- **2014b.** World Energy Outlook 2014. Paris: OECD/IEA.
- **2014c.** Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency. Paris: OECD/IEA.
- **2014d.** Electricity Information. Paris: OECD/IEA.
- **2015a.** World Energy Outlook 2015. Paris: OECD/IEA
- **2015b.** World Energy Outlook Special Report 2015: Energy and Climate Change. Paris: OECD/IEA.

IEA und Nuclear Energy Agency (NEA). 2015. Projected Costs of Generating Electricity.

IEA-PVPS. 2014. Trends 2014 in Photovoltaic Applications: Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2013. Report IEA-PVPS T1-25:2014.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. National and Sub-national Policies and Institutions. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

International Renewable Energy Agency (IRENA). 2012. Solar Photovoltaics. Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series 1(4/5).

- **2014.** Rethinking Energy: Towards a new power system. Abu Dhabi: IRENA.
- **2015a.** Renewable Energy Target Setting. Abu Dhabi: IRENA.
- **2015b.** Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2015. Abu Dhabi: IRENA.

Jacob, Klaus, Rainer Quitzow und Holger Bär. 2014. Green Jobs: Beschäftigungswirkung Einer Green Economy. Eschborn: Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung.

Jänicke, Martin. 2013. Die deutsche Energiewende im Kontext internationaler Best Practice, in: Radtke, Jörg, Hennig, Bettina (Hg.): Die deutsche "Energiewende" nach Fukushima. Marburg: Metropolis-Verlag.

- **2015.** Horizontal and Vertical Reinforcement in Global Climate Governance. *Energies*, 2015 (8): 5787–5799.

Jänicke, Martin, Miranda Schreurs und Klaus Töpfer. 2015. The Potential of Multi-Level Global Climate Governance, IASS Policy Brief 2/2015

Jing, Li. 2014. 670,000 Smog-Related Deaths a Year: The Cost of China's Reliance on Coal. South China Morning Post November 5.

Kimura, Osamu und Tatsujiro Suzuki. 2006. 30 Years of Solar Energy Development in Japan: Co-Evolution Process of Technology, Policies, and the Market. Paper prepared for the 2006 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: "Resource Policies: Effectiveness, Efficiency, and Equity", 17–18 November 2006, Berlin.

Konrad-Adenauer-Stiftung (KAS). 2013. Wahrnehmungen der deutschen Energiewende in Schwellenländern. Ergebnisse einer qualitativen Expertenbefragung in Brasilien, China und Südafrika

- **2014.** Wahrnehmungen der deutschen Energiewende in Schwellenländern. Teil 2: Ergebnisse einer qualitativen Expertenbefragung in Russland und Indien

Kraemer, Andreas. 2011. The Nuclear Power Endgame in Germany, San Francisco Chronicle, 17.06.2011

- **2012.** Germany, Fukushima and global nuclear governance. in: Global Perspectives 2 (4), October–December 2012

Krause, Florentin, Hartmut Bossel und Karl-Friedrich Müller-Reißmann. 1980. Energie-Wende-Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran. Frankfurt/Main: Fischer Verlag.

Lutz, Christian, Anett Großmann, Ulrike Lehr, Dietmar Lindenberger, Andreas Knaut, Raimund Malischek, Simon Paulus, Christian Tode, Johannes Wagner, Andreas Kemmler, Andrea Ley, Alexander Piégsa, Michael Schlesinger, Samuel Straßburg und Sylvie Koziel. 2014. Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. Endbericht Projekt Nr. 31/13 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin.

Mallet, Victor. 2013. India's Reliance on Imported Energy Threatens Long-Term Recovery. *Financial Times* September 2015.

Matschoss, Patrick und Klaus Töpfer. 2015. Der EEG-Fonds: Ein Ergänzender Finanzierungsmechanismus Für Erneuerbare Energien Und Vorbild Zukünftiger Infrastrukturfinanzierung?. *IASS Study* Februar 2015.

McKinsey. 2014. India: Towards Energy Independence 2030.

Messner, Dirk und Jennifer Morgan. 2013. Germany needs an Energy Transformation foreign policy, The Current Column (2013), Bonn: German Development Institute/Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE) (The Current Column of 7 January 2013)

Mints, Paula. 2012. Overview of Photovoltaic Production, Markets and Perspectives. In: Advances in Photovoltaics: Volume 1, eds. Gerhard Willeke and Eicke Weber. London: Elsevier, 49–84.

O'Sullivan, Marlene et al. 2014. Bruttobeschäftigung Durch Erneuerbare Energien in Deutschland Im Jahr 2013: Eine Erste Abschätzung. Bericht des Forschungsvorhabens "Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb - heute und morgen, dritter Bericht zur Bruttobeschäftigung."

Ohlhorst, Dörte. 2008. Windenergie in Deutschland: Konstellationen, Dynamiken Und Regulierungspotenziale Im Innovationsprozess. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Presidential Commission on Green Growth. 2009. Road to Our Future: Green Growth.

Quitow, Rainer. 2014. Dynamics of a Policy-Driven Market: The Co-Evolution of Technological Innovation Systems for Solar Photovoltaics in China and Germany. Environmental Innovation and Societal Transitions Vol. 17, 126–148.

Quitow, Rainer, Wu Libo und Klaus Jacob. 2013. Green Jobs in Asia: Achievements, Strategies and Potentials. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.

REN21. 2013. Renewables 2013: Global Status Report. Paris: REN21 Global Secretariat.

- **2013b.** Global Futures Report. Paris: REN21 Secretariat
- **2014.** Renewables 2014: Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat.
- **2015.** Renewables 2015: Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat.

Röhrkasten, Sybille. 2015a. Global Governance on Renewable Energy. Constrasting the Ideas of the German and the Brazilian Governments. Springer VS Research

- **2015b.** Antrieb für die deutsch-brasilianische Energiepartnerschaft. SWP-Aktuell 66/2015. Berlin: Stiftung Wissenschaft und Politik

Röhrkasten, Sybille, Dominik Schäuble und Sebastian Helgenberger. 2016. Secure and Sustainable Energy in a Water-Constrained World. IASS Policy Brief 1/2016.

Röhrkasten, Sybille und Kirsten Westphal. 2013. IRENA and Germany's Foreign Renewable Energy Policy Aiming at Multilevel Governance and an Internationalization of the Energiewende?, SWP Working Papers FG 8, 2013/ 01

Schmale, J. und F. Kuik. 2013. Gefahr Für Gesundheit Und Klima: Kurzlebige Klimawirksame Schadstoffe,. Potsdam: Institute for Advanced Sustainability Studies.

Schmidt, Tobias. 2014. Low-carbon investment risks and de-risking, in Nature Climate Change 4, 237–239.

Solorio, Israel, Eva Öller und Helge Jörgens. 2014. The German Energy Transition in the Context of the EU Renewable Energy Policy. A Reality Check. in: Im Hürdenlauf Zur Energiewende, eds. Achim Brunnengräber and Maria Rosaria Di Nucci. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 189–200.

State Council of the PRC. 2010. Development Plan of National Strategic Emerging Industries during the 12th Five-Year-Plan Period. Beijing, China.

Steinbacher, Karoline. 2015. Drawing Lessons When Objectives Differ? Assessing Renewable Energy Policy Transfer from Germany to Morocco, in: Politics and Governance 3(2): 34–50

Steinbacher, Karoline und Michael Pahle. 2015. Leadership by diffusion and the German Energiewende. PIK Discussion Paper, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Tänzler, Dennis und Stephan Wolters. 2014. Energiewende und Außenpolitik: Gestaltungsmacht auf dem Prüfstand. In: Zeitschrift für Außen- und Sicherheitspolitik (2014) 7:133–143.

The White House. 2011. Remarks by the President in State of Union Address.

Trend:research und Leuphana Universität Lüneburg. 2013. Definition Und Marktanalyse von Bürgerenergie in Deutschland.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2015. Water for a Sustainable World. The United Nations World Water Development Report

U.S. Department of Agriculture (USDA) Foreign Agricultural Service 2014. Brazil: Biofuels Annuals. Global Agricultural Information Network, GAIN Report Number: BR 14004

Van de Graaf, Thijs. 2012. How IRENA is reshaping the global governance architecture, European Energy Review

Westphal, Kirsten. 2012. Die Energiewende global denken, SWP-Aktuell 2012/A 37, Stiftung Wissenschaft und Politik

Willeke, Gerhard und Armin Räuber. 2012. On the History of Terrestrial PV Development: With a Focus on Germany. In: Advances in Photovoltaics: Volume 1, eds. Gerhard Willeke and Eicke Weber. London: Elsevier, 7–48.

Young, Rachel et al. 2014. The 2014 International Energy Efficiency Scorecard. Washington D.C.: American Council for an Energy-Efficient Economy.



Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) e. V.

Das 2009 in Potsdam gegründete Institut für Nachhaltigkeitsstudien ist zugleich eine international vernetzte Forschungseinrichtung und ein transdisziplinär arbeitender Thinktank. Ziel des mit öffentlichen Mitteln geförderten Instituts ist es, mit seiner Spitzenforschung Entwicklungspfade für die globale Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft aufzuweisen und interaktiv den Dialog zwischen Wissenschaft, Politik und Gesellschaft zu fördern. Forschungsgebiete sind die globale Nachhaltigkeitspolitik, innovative Technologien für die Energieversorgung der Zukunft, die nachhaltige Nutzung von Ressourcen wie Ozeane, Böden oder Rohstoffe sowie die Herausforderungen für unser Erdsystem durch Klimawandel und Luftverschmutzung.

IASS Study März 2016

Institute for Advanced Sustainability Studies Potsdam (IASS) e. V.

Kontakt Autoren:

rainer.quitzow@iass-postdam.de

sybille.roehrkasten@iass-potsdam.de

Adresse:

Berliner Straße 130

14467 Potsdam

Tel. 0049 331-288223-00

www.iass-potsdam.de

E-Mail:

media@iass-potsdam.de

Vorstand:

Prof. Dr. Mark G. Lawrence

DOI: 10.2312/iass.2016.003

