

# ES FUNKTIONIERT DOCH!

VORURTEILE ÜBER ERNEUERBARE  
ENERGIEN AUSSCHALTEN





# INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis	2
Erneuerbare Energien sind zukunftssicher	3
Mythos Nummer 1: Erneuerbare Energie ist teuer	5
Mythos Nummer 2: Es stehen nicht genug erneuerbare Energien zur Verfügung, um den Bedarf zu decken	11
Mythos Nummer 3: Erneuerbare Energien sind nicht immer verfügbar und bieten daher keine verlässliche Stromversorgung rund um die Uhr und 365 Tage im Jahr	14
Mythos Nummer 4: Die Erneuerbaren haben ebenso viele negative Auswirkungen für die Umwelt wie Energie aus fossilen Brennstoffen	19
Mythos Nummer 5: Kernenergie ist umweltfreundlich	25
Mythos Nummer 6: Durch die Umstellung auf erneuerbare Energien gehen Arbeitsplätze verloren	29
Mythos Nummer 7: Fehlende Fachkenntnis im Bereich erneuerbare Energien verzögert deren Einsatz in den Entwicklungsländern	31
Mythos Nummer 8: Erneuerbare Energien verhindern die Entwicklung der Länder des globalen Südens	36
Erneuerbare Energien müssen überall Verbreitung finden und allen zugutekommen	40
Referenzen	42

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADB	Asiatische Entwicklungsbank
AUD	Australischer Dollar
BAU	Normalbetrieb (Business as Usual)
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
CSP	Sonnenwärmekraftwerk
EPR	Europäischer Druckwasserreaktor
GW	Gigawatt
GSI	Global Subsidies Initiative
IEA	Internationale Energieagentur
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-Stunde
kWp	Kilowatt Peak (eine im PV-Bereich verwendete Maßeinheit)
LCOE	Mittlere Stromgestehungskosten
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-Stunde
NDCs	National festgelegte Beiträge (zur CO <sub>2</sub> -Reduktion)
NPV	Kapitalwert
ODA	Öffentliche Entwicklungszusammenarbeit
PM	Feinstaub
PV	Photovoltaik
F&E	Forschung & Entwicklung
SAIDI	System Average Interruption Duration Index (Deutschland)
SVTC	Silicon Valley Toxics Coalition
TVO	Teollisuuden Voima Oyj (finnisches Atomenergieunternehmen)
UNFCCC	Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen
USD	US-Dollar
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WTO	Welthandelsorganisation

## ERNEUERBARE ENERGIEN SIND ZUKUNFTSSICHER

Nach einem mehr als 20 Jahre dauernden Verhandlungsmarathon haben Staatsoberhäupter aus aller Welt beim Klimagipfel in Paris im Dezember 2015 beschlossen, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf höchstens 2°, besser 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.<sup>1</sup> Die Ursache für den Klimawandel liegt in den Treibhausgasen, die sich in der Atmosphäre befinden. Mit der industriellen Revolution hat sich der Ausstoß dieser Gase massiv beschleunigt, was zu einer erhöhten Konzentration dieser klimaaktiven Gase in der Erdatmosphäre geführt hat. Dadurch wirkt die Atmosphäre wie ein Glashaus, in dem es immer wärmer wird. Trotzdem gibt es keine Strafen für die Emission von Treibhausgasen. Wir behandeln die Atmosphäre wie ein Gemeingut, das alle nach Belieben durch die Verbrennung fossiler Energieträger in Kraftwerken, Fabriken und Fahrzeugen sowie in Gebäuden und Wohnungen verschmutzen dürfen.

Wir wissen, dass uns nur wenig Zeit bleibt, um die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels abzuwenden. Bereits jetzt sind die wirtschaftlichen Einbußen und die Verluste von Menschenleben aus dem Klimawandel immens, und sie nehmen weiter zu.

Nicht alle Länder sind im gleichen Maße am Ausstoß von Treibhausgasen beteiligt. Die negativen Auswirkungen des Treibhausgas-effektes bekommen aber insbesondere Menschen in armen Ländern und Regionen zu spüren. Eine Senkung des Treibhausgasausstoßes ist daher eine notwendige Voraussetzung für gerechtere Entwicklungschancen für alle.

Mehr als die Hälfte der Treibhausgasemissionen stammen aus der Verbrennung fossiler Energieträger, die auch noch zahlreiche weitere negative Auswirkungen hat. Schad-

stoffe wie Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Feinstaubpartikel beeinträchtigen die Luftqualität – oft mit spürbaren Auswirkungen. Insbesondere in urbanen Zentren und im Umkreis von Verbrennungsstätten nimmt die Häufigkeit von Asthma und anderen Krankheiten zu, was Auswirkungen auf die Lebenserwartung der Betroffenen hat. Zudem führt der Abbau fossiler Energieträger – Kohle, Öl und Ölsande – oft zur Verwüstung ganzer Landschaften.

Aber es gibt Alternativen! Um die Ziele von Paris zu erreichen und lokale Umweltauswirkungen zu minimieren, können und müssen wir überall – auch in den Entwicklungsländern – eine schnelle Umstellung von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energien erreichen. Schon im November 2016 haben sich 48 Staaten verpflichtet, eine Umstellung «der heimischen Produktion erneuerbarer Energien so schnell wie möglich auf 100 %»<sup>2</sup> anzustreben. Und das obgleich diese Länder historisch wenig zu den Treibhausgasen in der Atmosphäre beigetragen haben, manche von ihnen zu den ärmsten Ländern der Welt gehören und besonders vom Klimawandel bedroht sind.

Und die Zahlen geben ihnen recht: Die Internationale Energieagentur (IEA) sagt voraus, dass die Kosten der Erneuerbaren weiter stark sinken werden, z. B. für Photovoltaik (PV) um 25 Prozent und für Festland-Windparks um 15 Prozent im Zeitraum von 2015 bis 2021.<sup>3</sup>

Die Frage ist daher nicht, *ob*, sondern *wie* und *wann* wir eine Welt der erneuerbaren Energien erreichen werden. Die Wirtschaft wurde

<sup>1</sup> Dies ist das globale Ziel des Pariser Abkommens im Zuge der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC). UNFCCC-Entscheidung 1/CP.21. <sup>2</sup> CVF (2016) <sup>3</sup> IEA (2016)

bereits in den vergangenen Jahrzehnten stetig ein bisschen «grüner». Aber das reicht nicht aus, denn für das Jahr 2016 wurde der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur bereits die 1 °Celsius-Grenze gegenüber dem vorindustriellen Niveau überschritten. Immer noch werden Kohlekraftwerke gebaut und viele Länder subventionieren weiterhin die Erschließung und Nutzung fossiler Brennstoffe.<sup>4</sup> Auf der anderen Seite wurde bislang nur ein Bruchteil der potenziell verfügbaren erneuerbaren Energie angezapft, besonders in Entwicklungsländern.

Erneuerbare Energien stoßen jedoch weiterhin allzu oft auf Bedenken, die zum Teil Jahrzehnte alt und auf jeden Fall überholt sind: Sie seien zu teuer, ihre Qualität und Quantität wäre unzureichend, sie hätten negative Fol-

gen für die Umwelt und sie würden Arbeitsplätze vernichten. In dieser Broschüre zeigen wir, dass dies keine Fakten sondern Mythen und Missverständnisse sind.

Eine schnelle Umstellung auf erneuerbare Energien ist bereits im Gange; erneuerbare Energien sind moderne, kostengünstige Energiequellen; sie bieten umweltverträgliche Arbeitsplätze und sind die nachhaltigste und gerechteste Lösung für die Energieversorgung von morgen; und sie helfen dabei, gefährliche Klimaveränderungen zu verhindern. Die Dynamik der Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien ist hoch – die Erkenntnisse überschlagen sich. Diese Broschüre soll EntscheidungsträgerInnen über Fakten informieren, und ihnen Mut zum Umdenken geben.

<sup>4</sup> Datenbank zur Subvention fossiler Energieträger (IEA), abrufbar unter: <http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energysubsidies/fossilfuelsubsidydatabase/>

## MYTHOS NUMMER 1: ERNEUERBARE ENERGIE IST TEUER

Der Haupteinwand gegen eine schnelle Energiewende war seit jeher und ist es immer noch, dass diese zu teuer seien, und insbesondere in Entwicklungsländern Energie unerschwinglich machen.

### Das entspricht aber nicht den Tatsachen.

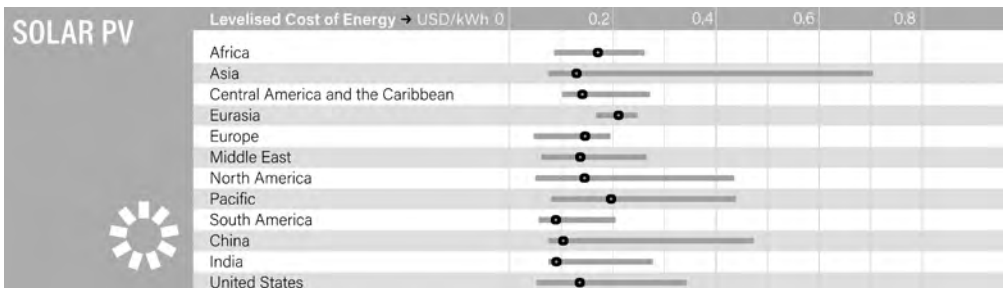
«Die Auffassung, dass fossile Energieträger preiswert und erneuerbare teuer seien, ist überholt», sagt Michael Liebreich, Vorstandsvorsitzender von Bloomberg New Energy Finance (BNEF), zum Beispiel mit Blick auf Australien, einen der Hauptkohleexporteure der Welt.

Nach seiner Studie<sup>5</sup> ist subventionsfreier erneuerbarer Strom in Australien mittlerweile preiswerter als Elektrizität aus neugebauten Kohle- und Gaskraftwerken.<sup>6</sup> BNEF hat in einem Modell die Kosten der australischen Stromerzeugung aus verschiedenen Quellen dargestellt. Die Studie zeigt, dass die von einem neuen Windpark erzeugte Elektrizität 80 AUD/MWh (= 83 USD/MWh) kostet, im Vergleich zu den 143 AUD/MWh eines neuen Kohlekraftwerks oder den 116 AUD/MWh eines neuen Gaswerks. Die Recherchen von BNEF zeigen, dass die Kosten der Windenergie allein seit 2011 um 10 Prozent und die Stromkosten der PV um 29 Prozent gesunken sind. Im Gegensatz dazu steigen die Kos-

ten aus neuen, mit fossilen Brennstoffen betriebenen Anlagen weiter.

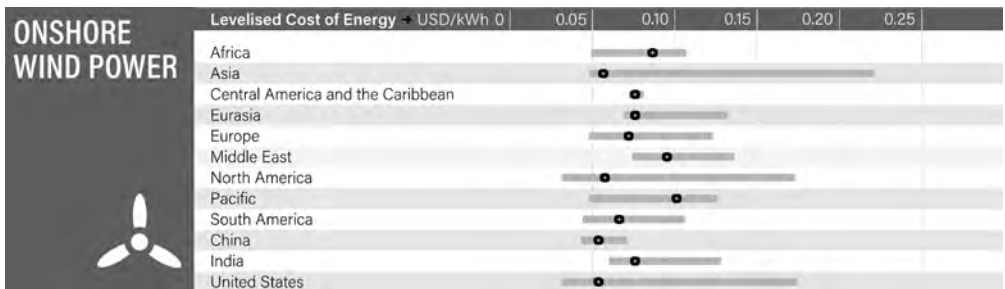
Um dies etwas detaillierter zu beschreiben, müssen die verschiedenen Wege für einen Vergleich der Kosten von Strom aus verschiedenen Energieträgern pro Kilowattstunde Strom (kWh) näher betrachtet werden. Falls die Preisbildung an einer Strombörse erfolgt, bestimmt der Preis des für die Stromerzeugung verwendeten Energieträgers den Strompreis. Bei Wind- und Solarenergie ist dieser Null. Damit sind sie sehr viel preisgünstiger als jede Energie aus konventionellen Kraftwerken oder Biomasseanlagen. Allerdings müssen auch die Investitionskosten und andere Fixkosten wieder erwirtschaftet werden. Daher werden bei der Planung von Kraftwerken oft die auf die Lebensdauer umgelegten Stromgestehungskosten («levelized cost of electricity», LCOE) herangezogen, um die Preise von Strom aus unterschiedlichen Quellen über die gesamte Laufzeit einer Anlage hinweg vergleichen zu können. Häufig – und in Abhängigkeit von den lokalen Gegebenheiten – liegen die LCOE für die Erneuerbaren unter denen konventioneller Kraftwerke. Abbildungen 1 und 2 zeigen die LCOE jeweils für Photovoltaik (PV) und Windkraft. Diese sind mehr als konkurrenzfähig im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken.

Abbildung 1: LCOE für PV



Quelle: REN21, 2016, Renewable 2016 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat).

Abbildung 2: LCOE für Festland-Windparks



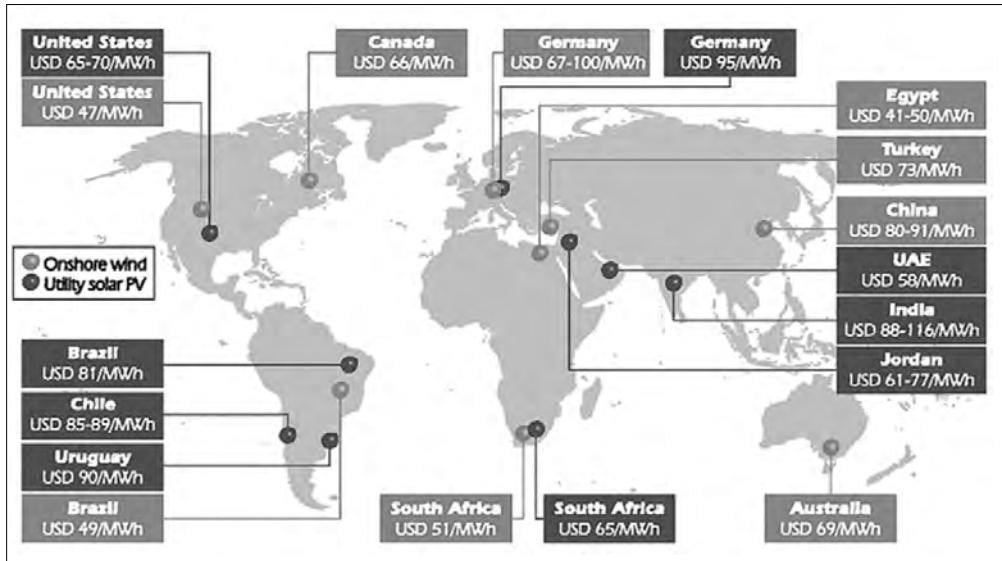
Quelle: REN21, 2016, Renewable 2016 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat).

Subventionsfreie erneuerbare Energie ist in Australien mittlerweile preiswerter als Elektrizität aus neugebauten Kohle- und Gaskraftwerken. Zu diesem Ergebnis kommt eine neue Studie von Bloomberg New Energy Finance (BNEF). BNEF hat in einem Modell die Kosten der australischen Stromerzeugung aus verschiedenen Quellen dargestellt. Die Studie zeigt, dass die von einem neuen Windpark erzeugte Elektrizität 80 AUD/

MWh (= 83 USD/MWh) kostet, im Vergleich zu den 143 AUD/MWh eines neuen Kohlekraftwerks oder den 116 AUD/MWh eines neuen Gaswerks. Die Recherchen von BNEF zeigen, dass die Kosten der Windenergie allein seit 2011 um 10 Prozent und die Stromkosten der PV um 29 Prozent gesunken sind. Im Gegensatz dazu steigen die Kosten aus neuen, mit fossilen Brennstoffen befeuerten Anlagen weiter.



**Abbildung 3: Preise langfristiger Verträge für den Zeitraum 2015–2019 im Bereich erneuerbare Energien (bevorzugte Bieter, Stromabnahmeverträge oder Einspeisevergütungen und andere Formen)**



Quelle: OECD/IEA 2015, Medium-Term Renewable Energy Market Report, IEA Publishing. Lizenz: [www.iaea.org/t&c](http://www.iaea.org/t&c)

Der LCOE ist jedoch immer noch eine eher abstrakte kalkulatorische Größe. Abbildung 2 zeigt die Werte, die am ehesten den «realen Kosten» entsprechen, nämlich die Preisspanne, die für PV-Strom im Rahmen von öffentlichen Auktionen für langfristige Stromabnahmeverträge in verschiedenen Ländern erreicht wurde. Sie zeigt, dass in vielen Fällen die Stromversorgungsunternehmen den Strom aus Solaranlagen billiger einkaufen können, als den aus anderen Anlagen. Sogar in Deutschland, einem Land mit relativ schwacher Sonneneinstrahlung, wurden auf Auktionen für Solarstrom bereits Preise von 72 €/MWh erzielt. Das liegt zwar über den Börsenpreisen, die von abgeschriebenen Kraftwerken dominiert werden, aber deutlich unter den Gesamtgestehungskosten für die meisten anderen Kraftwerkstypen.

## Energiesystemkosten

Neben den Kosten der Erzeugung sind auch die Gesamtkosten des Energiesystems ein wichtiger möglicher Vergleichsparameter. Ein häufiges Argument lautet, dass erneuerbare Energien, die nicht jederzeit verfügbar sind, «Schattenkraftwerke» im Hintergrund als Reserve benötigen und dass deren Kosten in die Berechnungen miteinbezogen werden müssen (siehe dazu auch Mythos Nummer 3: Erneuerbare Energien bieten keine verlässliche Stromversorgung 24 Stunden am Tag).<sup>7</sup>

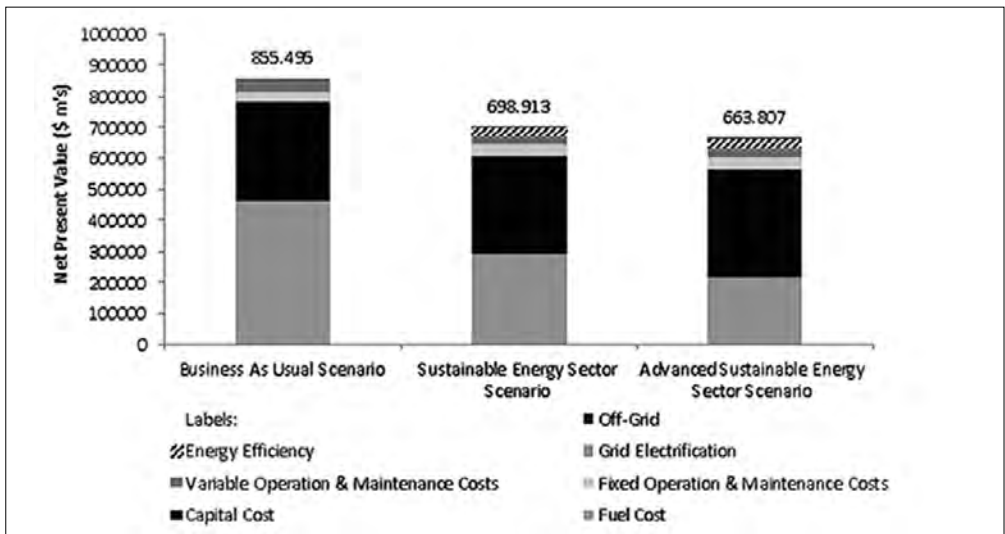
In der Tat benötigt man Anlagen oder Leitungen, die Strom bereitstellen, wenn mehrere erneuerbare Energieträger gleichzeitig nicht verfügbar sind. Die Energiesystemkosten umfassen zudem den Stromtransport über das Netz, Kraftwerke, Umspannsta-

<sup>7</sup> Vgl. beispielsweise: Bloomberg (2016); World-nuclear.org (2016).

tionen und Steuerungsanlagen, die das System ständig am Laufen halten. Um die Energiesystemkosten von Systemen, die auf verschiedenen Energieträger basieren zu vergleichen, muss man sie als verschiedene Szenarien mit unterschiedlichem Energiemix in Modellen abbilden und simulieren. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse einer solchen

Simulation am Beispiel der Mekong-Region, bei der die Energiesystemkosten bis zum Jahr 2050 simuliert wurden. Hauptsächlich aufgrund der Kosten fossiler Energieträger erwies sich das Szenario mit dem höchsten Anteil an erneuerbaren Energien (96 %, einschließlich zusätzlicher Speicheranlagen) als das Preiswerteste.

**Abbildung 4: Welchen Kosten verursacht ein Energiesystem im Mekong-Raum in 2050 bei einem Energiemix mit 29 %, 86 % und 96 % nichtfossilen Energieträgern?**



Hinweis: Kapitalwert der Energiesystemkosten nach Bestandteilen aufgeschlüsselt, abdiskontiert mit 8 % über den Zeitraum 2015–2050; die Anteile an Erneuerbaren und großen Wasserkraftwerken im Jahr 2050 sind in den Szenarien wie folgt: Business-as-usual (BAU): 29 %, Szenario «Nachhaltiger Energiesektor»: 86 %, Szenario «Fortgeschrittener nachhaltiger Energiesektor»: 100 % Erneuerbare; die Investitionskosten wurden bei den Laufzeiten aller Technologien mit einem jährlichen 8 %-igen Abschlag einberechnet. Stilllegungskosten wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Quelle: Eigene Grafik basierend auf IES & MKE (2016)

### Die Vollkosten der Elektrizität

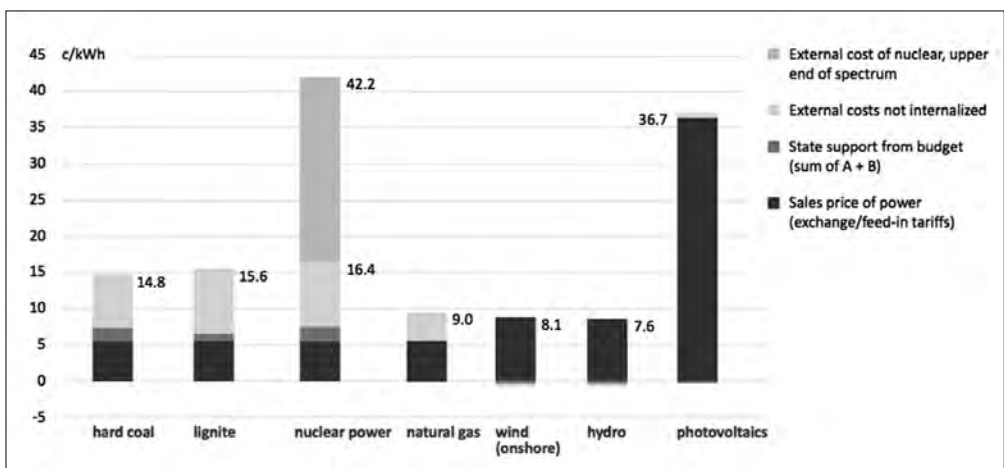
Neben den mittleren Stromgestehungskosten und den Energiesystemkosten gibt es noch eine weitere Möglichkeit, Energiekosten zu vergleichen, und zwar über die Vollkosten der Elektrizität. Diese umfassen die Systemkosten, externe Kosten und staatliche Subventionen. «Externe Kosten» sind Kosten für Gesundheit, Lebensunterhalt und Umwelt, die häufig in den Berechnun-

gen der Energiekosten unberücksichtigt bleiben. Umweltbelastungen durch Tagebauten und die Verbrennung von Kohle und anderen fossilen Brennstoffen erzeugen Gesundheitskosten und Umweltkosten. Diese werden normalerweise jedoch nicht von denjenigen bezahlt, die diese Kosten und Belastungen verursachen: EnergieerzeugerInnen, -händlerInnen und verbraucherInnen. Würden die externen Kosten der

Stromerzeugung mit fossilen Brennstoffen oder Atomkraft – gegebenenfalls auch in Form von Gebühren, Steuern oder Cap-and-Trade-Systemen – in die Energieerzeugungspreise mit einberechnet, ergäbe sich für die erneuerbaren Energien ein noch günstigeres Bild.

Abbildung 5 zeigt die Stromerzeugungskosten in Deutschland, als Summe aus LCOE, externen Kosten, Subventionen und Kosten für Stilllegung und Rückbau von Kraftwerken. Die Windenergie konnte demnach bereits im Jahr 2012 mit allen anderen Formen konventioneller Stromerzeugung konkurrieren.

**Figure 5: Vergleich der gesellschaftlichen Stromerzeugungskosten 2012 (Deutschland)**



Quelle: BWE (2012)

Gekoppelt mit den enormen Kostenreduktionen für erneuerbare Energien, die seither stattgefunden haben und noch weiter stattfinden werden deutet dies stark darauf hin, dass die Erneuerbaren preisgünstiger sind als fossile Brennstoffe und Kernkraft.

Erneuerbare Energien werden also immer mehr zur preisgünstigsten Option, selbst bei alleiniger Betrachtung der LCOE und der Vollkosten des Energiesystems. Werden externe Kosten und Subventionen mit berücksichtigt, ist ihre Konkurrenzfähigkeit sogar noch eindeutiger.

### **Wer profitiert von erneuerbaren Energien?**

Die Energiekosten stehen auch im Zusammenhang damit, wer von Energieinvestitionen profitiert. Investitionen durch «professionelle» Investoren erfordern oft höhere Kapitalrenditen als die von Kleininvestoren oder der öffentlichen Hand, so dass bei gleichem Kapitaleinsatz höhere Strompreise entstehen können.

Erneuerbare Energien eignen sich für Bürgerinvestitionen. Das kann auch zur Armutsreduzierung beitragen! Der Bau fossiler Energieanlagen sowie von Kernkraftwerken erfordert dagegen für gewöhnlich eine Investition in dreistelliger Millionenhöhe, weshalb nur große Energiekonzerne diese

tätigen können, häufig gestützt durch die Finanzmärkte. Für gewöhnlich müssen Regierungen diese Investitionen zudem mit Garantien, Exportkrediten, Stromabnahmegarantien oder Abnahmequoten unterstützen.

Ein interessantes Beispiel ist das jüngste Kernkraftprojekt in Großbritannien, Hinkley Point C, dessen Kosten auf insgesamt 37,7 Milliarden USD veranschlagt werden. Ein Erneuerbaren-Verbandes hat berechnet, dass eine Solaranlage mit Stromspeicher bei gleicher Leistung die britischen Stromverbraucher nur 18,7 Mrd. USD kosten würde.<sup>8</sup> Der Strompreis für Strom aus Hinkley Point C wird von der britischen Regierung subventioniert werden, denn die Kosten pro Kilowattstunde liegen deutlich über den Marktpreisen, die in Großbritannien erzielt werden können. Ohne diese Subvention wären die privaten InvestorInnen nicht zur Investition bereit gewesen. Selbst der britische Rechnungshof hat vorgerechnet, dass der erzeugte Strom teurer sein wird als eine vergleichbare Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Die meisten Anlagen für erneuerbare Energien können dagegen von kleineren Firmen,

Einzelpersonen oder Kooperativen finanziert werden. So können Einzelpersonen und Kooperativen mit der Stromerzeugung nicht nur von umweltfreundlichem Strom profitieren, sondern auch Einnahmen erzeugen, oder zumindest Ausgaben reduzieren oder vermeiden. Erlaubt der Gesetzgeber die gemeinschaftliche Energieerzeugung, kann sie genutzt werden, um die Ausgangssituation von z. B. Dorfgemeinschaften zu verbessern und Strompreissteigerungen zu vermeiden. Infokasten 1 beschreibt ein Beispiel für ein solches gemeinschaftlich finanziertes Projekt mit erneuerbaren Energien aus Indien. Solche Projekte könnten zusätzlich vom Staat subventioniert werden, am wichtigsten ist jedoch, dass die rechtlichen Rahmenbedingungen sie erlauben. Viele Beispiele aus Entwicklungsländern wie Bangladesch oder Kenia zeigen, dass (Mikro-)Finanzinstitute auch relativ armen Menschen oder Gruppen ermöglichen können, sich eine Stromerzeugungsanlage zu leisten. Ob Solar-, Wind- oder Wasserkraft, die Betroffenen sind dann nicht länger den Preisschwankungen für fossile Energieträger auf den Weltmärkten ausgesetzt.

### **Infokasten 1: Odanthurai Gram Panchayat, Indien**

Im Jahr 2006 errichtete das indische Dorf Odanthurai Gram Panchayat eine 350-kW-Windkraftanlage zur eigenen Stromproduktion. Zuvor litten sie täglich unter ca. dreistündigen Stromabschaltungen.<sup>9</sup> Der Dorfvorsteher von Panchayat hatte das Windkraftprojekts im Dorfbesitz propagiert, und es wurde zum ersten Energievorhaben, das in Indien von einer solchen Dorfgemeinschaft umgesetzt wurde. Das Dorf verbraucht nur 60 Prozent des erzeugten Stroms und verkauft den

Überschuss an das Tamil Nadu Electricity Board. Mit den Einnahmen werden die Bankdarlehen innerhalb von sieben Jahren abbezahlt. Jetzt wo Odanthurai Panchayat energieautark ist, entschied das Dorf einen Schritt weiter zu gehen und investierte in eine 9-kW-Biomasseanlage, um die Trinkwasserpumpe netzunabhängig mit Strom zu versorgen. Diese Biomasseanlage wird mit Abfällen eines nahegelegenen Sägewerks betrieben. Seitdem sind auch die Wasserkosten um 70 Prozent gesunken.

## MYTHOS NUMMER 2: ES STEHEN NICHT GENUG ERNEUERBARE ENERGIEN ZUR VERFÜGUNG, UM DEN BEDARF ZU DECKEN

Manche behaupten, dass erneuerbare Energien nicht in ausreichendem Maß zur Verfügung stünden, und dass wir darum fossile Brennstoffe benötigen, um den wachsenden Energiebedarf zu decken, besonders in Entwicklungsländern.

### Das entspricht aber nicht den Tatsachen.

Die jährliche direkte Sonneneinstrahlung auf der Erdoberfläche «beträgt mehr als das 7.500-fache des gesamten weltweiten, jährlichen Primärenergieverbrauchs»,<sup>10</sup> das heißt aller von uns genutzten Energieformen.

Metastudien zum technischen Potenzial verschiedener Formen erneuerbarer Energietechnologien kommen regelmäßig zum Ergebnis, dass «erneuerbare Energiequellen ein Vielfaches des aktuellen Energiebedarfs decken können», weltweit, und dass Solarenergie die bei weitem größte erneuerbare Energiequelle ist, gefolgt von Wind- und Meereseenergie.<sup>11</sup> Es bestehen natürlich große, regionale Unterschiede im technischen Potenzial der verschiedenen Energiequellen. In Afrika und großen Teilen Asiens und Südamerikas spielt Solarenergie die zentrale Rolle, während in Nordamerika und Nordeuropa Windkraft am vielversprechendsten ist. Zudem entwickeln sich die erneuerbaren Technologien laufend weiter, und die daraus folgenden höheren Energieausbeuten führen zu einer laufenden weiteren Erhöhung des technischen Potenzials.

Auf der anderen Seite finden sich nicht immer die geeigneten Landnutzungsverhältnisse, so dass die Anlagen oft in suboptimalen Situationen aufgestellt werden müssen – aber immer noch wirtschaftlich betrieben werden können. Das tech-

nische Potenzial ist also größer als das wirtschaftlich ausbeutbare Potenzial. Ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Energiequellen wird zusätzlich durch ökonomische Rahmenbedingungen und rechtliche Auflagen, wie (Kohlendioxid-)Steuern und Zertifikatehandel bestimmt wird.

Trotzdem besteht kein Zweifel daran, dass es von der Potenzialseite her weltweit technisch möglich wäre, die Energieversorgung zu 100 Prozent über Erneuerbare zu bestreiten. Beispielsweise haben die Länder der Mekong-Region ein großes Potenzial für verschiedene Formen erneuerbarer Energien,<sup>12</sup> insbesondere Solarenergie. Kambodscha, die VR Laos, Myanmar, Thailand und Vietnam haben aber bislang erst wenige Solar- und Windkraftanlagen installiert. Tabelle 1 zeigt, dass ihr technisches Potenzial ihrem Gesamtenergieverbrauch nahekommt, und das allein unter Berücksichtigung von zweien der vielen regenerativen Energietechnologien.

Mit den bis dato größten globalen Kapazitätswüchsen war 2015 ein außerordentlich erfolgreiches Jahr für die erneuerbaren Energien. Etwa 147.000 MW wurden schätzungsweise zugebaut – so viel wie in der Mekong-Region überhaupt installiert ist (vgl. Tabelle 1). Das war der größte Zuwachs in nur einem Jahr und etwa 60 Prozent des globalen Zuwachses an Energiekapazitäten des Jahres 2015. Dieser Investitionsboom wird vor allem von wirtschaftlichen Motivationen getrieben – nicht wie früher von politischen Vorgaben.

<sup>10</sup> World Energy Council (2013) (Kapitel 8: Solarenergie) <sup>11</sup> Hoogwijk und Graus (2008) <sup>12</sup> ADB (2015)

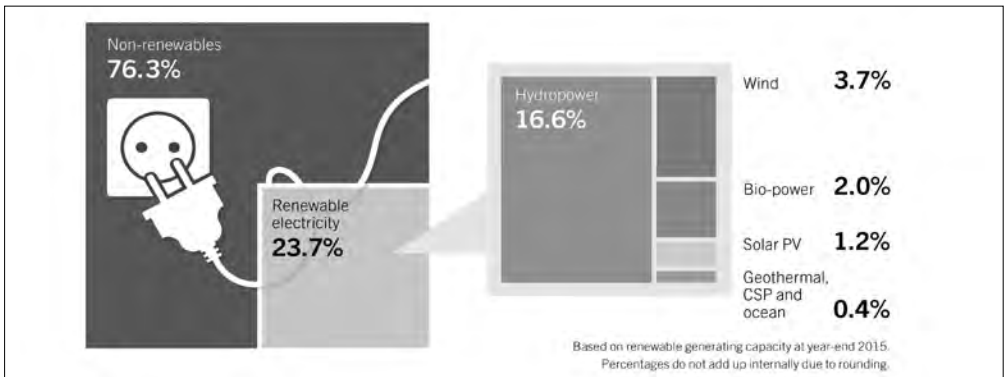
**Tabelle 1: Technisches Potenzial der erneuerbaren Energie in der «Greater Mekong Subregion»**

Installierte Kapazität in Megawatt (MW)	Solarenergie	Windenergie	Gesamte installierte Kapazität 2014
Kambodscha	8.074	18–72	1.400
VR Laos	8.812	95–379	3.400
Myanmar	26.962	86–343	4.300
Thailand	22.801	2.412–9.647	40.000
Vietnam	13.326	760–3.042	39.000
<b>Gesamt</b>	<b>79.975</b>	<b>3.371–13.483</b>	<b>88.100</b>

Quelle: Eigene Zusammenstellung basierend auf ADB (2015) und EIA (o. J.)

Ende 2015 betrug der Anteil der Erneuerbaren an der globalen Energieerzeugungskapazität 28,9 Prozent und an der globalen Energieerzeugung 23,7 Prozent (vgl. Abbildung 3).<sup>13</sup>

**Abbildung 6: Schätzung des Anteils der erneuerbaren Energien an der globalen Energieerzeugung, Ende 2015**



Quelle: REN21, 2016, Renewable 2016 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat).

Die weltweiten Investitionen in erneuerbare Energien betragen 2015 insgesamt 285,9 Milliarden USD und damit mehr als doppelt so viel wie die 130 Milliarden USD, die in den Kapazitätsausbau von Kohle und Gas investiert wurden. Und nicht zuletzt überstieg 2015 der Anteil der Entwicklungs- und Schwellenländer an den jährlichen Investitionen in erneuerbare Energien und

Brennstoffe zum ersten Mal den der Industrieländer. Die Entwicklungs- und Schwellenländer, einschließlich China, Indien und Brasilien, investierten 2015 insgesamt 156 Milliarden USD in erneuerbare Energieträger.<sup>14</sup> Darunter sind auch kleinere Entwicklungsländer, die einen nennenswerten

Anteil ihres Energiemixes aus erneuerbaren Quellen beziehen wollen. Dazu gehören beispielsweise Uruguay, wo Windkraft einen Anteil von 15,5 Prozent erreicht, und Costa Rica, dessen Energiesektor beinahe ohne

fossile Brennstoffe auskommt (vgl. Infokasten 2). Andere Länder müssen erst von der Machbarkeit einer schnellen Umstellung auf erneuerbare Energien überzeugt werden (vgl. Infokasten 3).

### **Infokasten 2: Costa Rica deckt beinahe seinen gesamten Energiebedarf ohne fossile Brennstoffe und strebt Klimaneutralität an**

Costa Rica ist eines der Entwicklungsländer, die bereits in großem Umfang Energiekapazitäten aus Erneuerbare installiert haben. Außerdem strebt das Land Klimaneutralität an. Costa Rica's Energie stammt hauptsächlich aus Wasserkraft, Erdwärme und Windkraft<sup>15</sup>. Während der vergangenen 50 Jahre hat das Land großflächig in den Ausbau von Wasserkraftanlagen investiert. Eine weitere große Anlage, das Revantazón, soll Ende 2016 fertig gestellt werden. Aber bereits im Jahr 2015 gab es beinahe 300 Tage, an denen keine fossilen Brennstoffe für den Energiebedarf erforderlich waren. Ähnliche Ergebnisse

werden auch für 2016 erwartet.<sup>16</sup> Auf seinem Weg zur Klimaneutralität steht das Land jedoch nach wie vor vor großen Herausforderungen, denn auch große Wasserkraftanlagen stoßen große Mengen Treibhausgase aus (vgl. auch Mythos 4). Die Abhängigkeit von der Wasserkraft führt auch zu einer größeren Anfälligkeit für Klimaveränderungen. Aus diesem Grund hat Costa Rica die Empfehlung erhalten, den Anteil von Erdwärme, Wind- und Solarenergie am Energiemix zu erhöhen. Der Transportsektor ist allerdings noch immer fast vollständig von fossilen Brennstoffen abhängig.<sup>17</sup>

### **Infokasten 3: Trotz seines riesigen Potenzials für erneuerbare Energien setzt Vietnam weiterhin auf eine kohlebasierte Zukunft**

Der offizielle vietnamesische Entwicklungsplan für den Energiesektor setzt stark darauf, den rapide steigenden Energiebedarf mit Kohlestrom zu decken. Damit würde der Anteil der Kohle an der Gesamtproduktion bis zum Jahr 2030 auf mehr als 53 Prozent steigen, während die Erneuerbaren bei unter 11 Prozent verharren; und selbst im Jahr 2050 wäre Vietnam noch immer mindestens zur Hälfte von Kohle und Gas als Energieträger abhängig. Eine WWF-Studie belegt jedoch, dass ein Szenario mit erneuerbaren Energien technisch möglich, bezahlbar und wirtschaftlich wäre.

Im Zeitraum 2015–2050 würden die kumulativen Investitionskosten zwar etwas höher liegen, die mittleren Stromgestehungskosten, beispielsweise der Preis pro Stromeinheit, würden aber fast immer niedriger ausfallen. Vietnam könnte auf den Import von Kohle verzichten, die Folgen des Klimawandels verringern und die lokale Umweltbelastung drastisch reduzieren. Dazu kämen bedeutende soziale (und gesundheitliche) Verbesserungen, die bei einem rein finanziellen Vergleich der möglichen Szenarien meistens unberücksichtigt bleiben.

## MYTHOS NUMMER 3: ERNEUERBARE ENERGIEN SIND NICHT IMMER VERFÜGBAR UND BIETEN DAHER KEINE VERLÄSSLICHE STROMVERSORGUNG RUND UM DIE UHR UND 365 TAGE IM JAHR

Ein weit verbreiteter Mythos besagt, dass erneuerbare Energien nicht verlässlich seien und daher die VerbraucherInnen nicht konstant 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche und 365 Tage im Jahr mit Strom versorgen könnten.

### Das entspricht aber nicht den Tatsachen.

In der Tat fluktuiert das Stromdargebot vieler erneuerbarer Energien, es hängt also von Sonne und Wind, aber auch von Wolken und Luftfeuchtigkeit und sogar länger anhaltenden Regen oder Dürrezyklen ab.<sup>19</sup> Interessanterweise aber wird die Behauptung, dass dies die Versorgungssicherheit beeinträchtigt, hauptsächlich dort aufgestellt, wo nur wenig fluktuierende Energie aus Erneuerbaren in das Netz eingespeist wird. Netzbetreiber, die mit großen Anteilen an fluktuierenden Energien fertig werden müssen, können diese Herausforderungen in der Regel sehr gut meistern oder sogar die Versorgungssicherheit erhöhen: Der SAIDI-Wert (System Average Interruption Duration Index) Deutschlands sank beispielsweise von 21,5 Minuten im Jahr 2006 auf 12,7 Minuten in 2015,<sup>20</sup> während der Anteil erneuerbarer Energien im selben Zeitraum von 12 Prozent auf 32 Prozent anstieg.<sup>21</sup> Dänemark, Griechenland, Irland, Portugal und Spanien sind weitere Beispiele für Länder, denen es gelingt, hohe Anteile (> 20 %) an fluktuierenden erneuerbaren Energien in ihr System zu integrieren, hauptsächlich aus Wind- und Solarenergie.<sup>22</sup> In Stromnetzen müssen sich Stromerzeu-

gung und Strombedarf stets die Waage halten. In der Vergangenheit fiel Kohle- und Kernkraftwerken die Rolle zu, den «Grundlaststrom» bereitzustellen, also den jederzeit bestehenden «Basis»-Bedarf. Aufgrund ihrer technischen Auslegung erreichten diese sog. Grundlastkraftwerke ihren höchsten Effizienzgrad bei dauerhaft gleichbleibender Stromerzeugung (vgl. Abbildung 7). Ergänzt wurden sie von Mittel- und Spitzenlastkraftwerken, zum Beispiel Gasturbinenkraftwerken, die dazu dienten, flexibel auf den Bedarf reagieren und zu Spitzenlastzeiten, zum Beispiel mittags, zusätzlichen Strom zu liefern. Diese waren zwar schneller aber teurer im Betrieb. Im klassischen Stromnetz werden die flexiblen Spitzenlastkraftwerke in Abhängigkeit der Last hoch- und wieder heruntergefahren, um sicherzustellen, dass Energieerzeugung und -verbrauch jederzeit ausgeglichen sind. Moderne Netze werden um das Stromangebot fluktuierender erneuerbarer Energien herum konzipiert. Deren Ansprüche werden verdeutlicht in Abbildung 8, die die Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2012 im Vergleich zu einer Vorhersage für das Jahr 2020 zeigt. In beiden Schaubildern folgt die Auslastung der fossil befeuerten Kraftwerke der Differenz aus Stromnachfrage

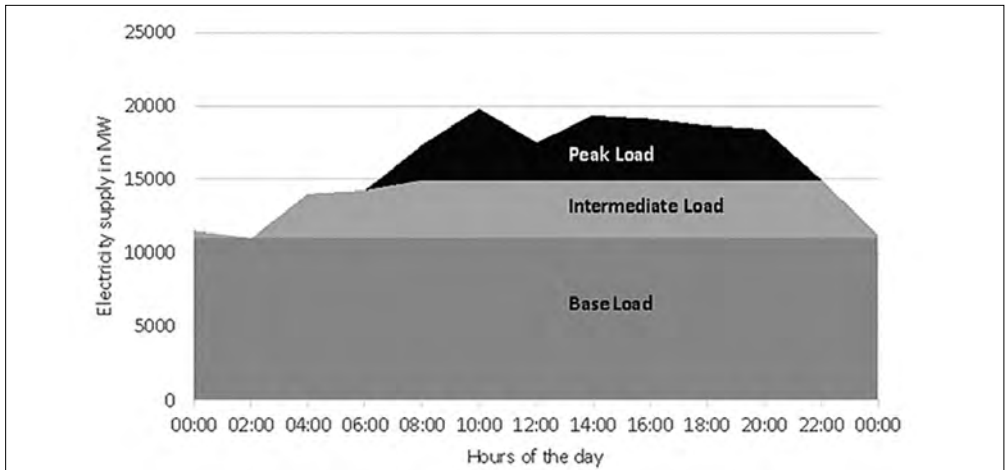
<sup>19</sup> Zuweilen werden erneuerbare Energien wie Wind- oder Sonnenenergie auch als «intermittierende» Energien bezeichnet. Intermittierend bezieht sich allerdings für gewöhnlich auf fossile Kraftwerke oder Infrastrukturen, wenn es zu einer Störung kommt und sich ein Kraftwerk oder Netzelement ohne Vorwarnung abschaltet. Im Gegensatz dazu folgen fluktuierende regenerative Energien im Voraus bekannten Wetterlagen. Es erfolgt ein gradueller Übergang von der Null- zur Vollproduktion <sup>20</sup> BNetzA (2015) <sup>21</sup> BMWi (2015) <sup>22</sup> REN21 (2015); Dänemark: Vattenfall (2015); Deutschland: BMWi (2015); Griechenland: Energypedia (2016); Italien: Tsagas (2016); Fitzgerald (2016); Solar Power Europe (2016)



und Stromerzeugung aus den erneuerbaren Energien. Aber bei der höheren Durchdringung mit Erneuerbaren im Jahr 2020, sind die Geschwindigkeiten, mit denen der Ausgleich erfolgen muss, sehr viel höher. Daher

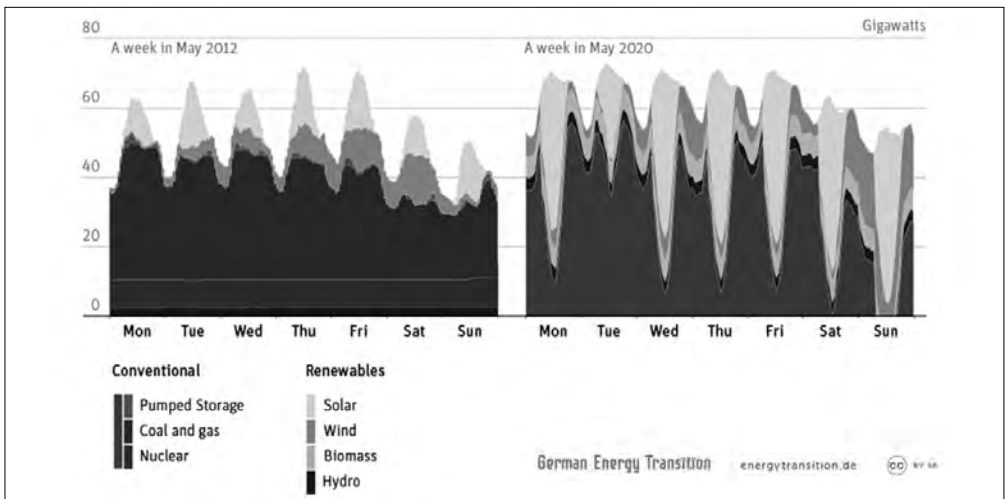
müssen die Anlagen sehr viel häufiger hoch- und wieder heruntergefahren werden. Das ist jedoch machbar. Insbesondere in Ländern mit wachsendem Energiesektor können von vorneherein flexible Stromnetze aufbauen.

**Abbildung 7: Traditionelle Energiesysteme mit Lastbereichen**



Quelle: Eigene Darstellung

**Abbildung 8: Geschätzter Bedarf in Deutschland im Wochenverlauf 2020 im Vergleich zu 2012**



Quelle: Martinot (2015)

Zur Anpassung der Energieproduktion an den Bedarf können Energiesysteme auch folgende Bereiche nutzen: (1) Die Nachfrage, (2) Import und Export oder (3) die Speicherung. Das kann folgendermaßen funktionieren:

(1) **Durch Nachfragemanagement** wird Strombedarfe auf Zeiträume verlagert, zu denen mehr fluktuierende Quellen verfügbar sind. Das kann zum Beispiel über Preissignale geschehen: Zeitvariable Stromtarife für Großverbraucher, z.B. können die Unternehmen dazu motivieren, die Nachfrage auf angebotsreiche Zeiten zu verlagern. In Vietnam sind Tarife für IndustrieverbraucherInnen aktuell am höchsten von Montag bis Samstag jeweils von 9:30 bis 11:30 Uhr und von 17:00 bis 20:00 Uhr, also zu den Zeiten, wenn auch andere Verbraucher den Strom nutzen wollen. Feste Spitzenlast- und Nicht-Spitzenlastzeiten gehören also jedoch zum traditionellen Energiesystem. Analog könnten VerbraucherInnen dazu ermutigt werden, ihren Bedarf auf Zeiträume zu legen, in denen viel Sonnen- oder Windenergie zur Verfügung steht, so dass entsprechend die Spitzenlastzeiten an das Dargebot regenerativer Energien angepasst werden kann.

Eine solche Bedarfsverlagerung wird leichter wenn die Stromnetze größer, flexibler VerbraucherInnen mit entsprechender Kommunikationstechnik ausgestattet werden, die das flexible Preissignal übertragen könnte.

Haushalte und Industrieverbraucher werden in einem modernisierten Stromnetz zu sogenannten «**ProsumentInnen**» (**ProduzentInnen+KonsumentInnen**): Diese erzeugen einen Teil oder ihren gesamten Strombedarf vor Ort auf Grundlage erneuerbarer Energien und können mögliche Überschüsse an das kommunale oder landesweite Stromnetz verkaufen (vgl. Infokasten 4).

(2) **Import/Export**: Je größer das Netzgebiet und je größer die verbundene Last und Erzeugungskapazität, desto besser können Stromnetze fluktuierende Energiequellen integrieren und Strom auch an entfernte VerbraucherInnen liefern. Wenn eine Wetterfront an verschiedenen Windkraftanlagen vorbeizieht, regt sie immer andere zu «Höchstleistungen» an. Das Netz verteilt die Energieproduktion auf alle VerbraucherInnen, auch solche bei denen die Windfront bereits vorübergezogen ist, sowie auch die, wo noch kein Wind weht. Dies ist der sogenannte «Ausgleichseffekt».

#### **Infokasten 4: Konsumenten werden «ProsumentInnen»**

Statt Energie nur als Kostenfaktor zu betrachten, könnten Unternehmen durch die Erzeugung eigener Energie Einnahmen generieren. Eine Anlage für erneuerbare Energien vor Ort kann zudem zu einer höheren Energiesicherheit für die eigenen Produktionsprozesse führen. Biologische Abfälle können beispielsweise in Form einer Biomasseanlage ebenfalls zur Energieproduktion genutzt werden. Eine ganze Reihe großer IndustrieverbraucherInnen sind bereits zu «ProsumentInnen» geworden. Dazu gehören folgende Fallbeispiele:

Der «Big C»-Supermarkt in Di An (Binh-Duong-Provinz, Vietnam) hat eine 212-kW-Solaranlage installiert, die der Beschattung des Parkplatzes dient und zudem Elektrizität für den Supermarktbetrieb liefert. In Kambodscha hat Laurelton Diamonds, eine Tochter von Tiffany & Co., eine 150-kW-Solaranlage auf dem Dach des Parkplatzes ihrer Produktionsstätte in der Sonderwirtschaftszone Phnom Penh installiert. Dieses Kraftwerk liefert 15 Prozent des jährlichen Gesamtenergiebedarfs der Fabrik.

(3) **Speicher- und Reservesysteme:** Zusätzlicher Ausgleich kann durch elektrische Speicheranlagen geschaffen werden. Ist beispielsweise das Angebot aus fluktuierenden Quellen zu hoch, kann Wasser in Pumpspeicher (Speicherseen) gepumpt werden und dann zur Stromerzeugung eingesetzt werden, wenn mehr Strom gebraucht wird. Auch Biogas-Anlagen mit Gasspeichern können in Spitzenlastzeiten zusätzlichen Strom produzieren. Wenn in Zukunft das Angebot an fluktuierender Energie zu hoch ist, wird

der Strom auch immer häufiger zum Aufladen von Batterien oder zur Produktion von Wasserstoff und Methan genutzt werden, aus denen dann zu einem anderen Zeitpunkt wieder Strom erzeugt werden kann.

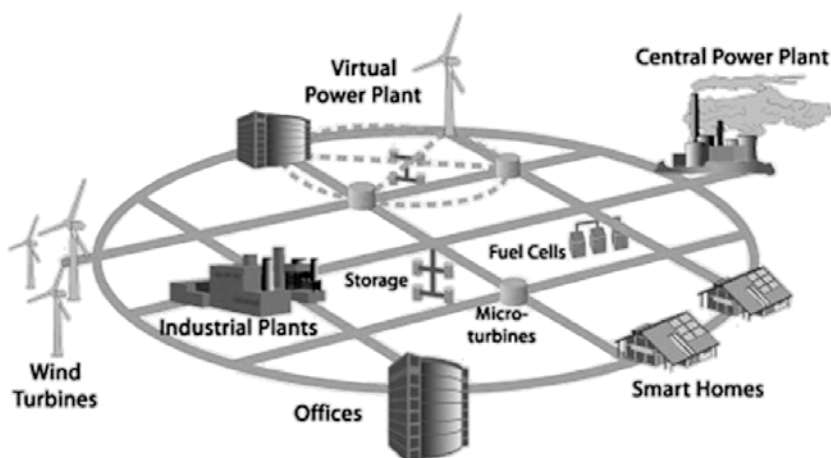
Bedarfsmanagement, dezentrale Versorgung aus verschiedenen fluktuierenden Quellen (Import/Export) sowie Speichersysteme sind bereits jetzt zentrale Elemente virtueller Kraftwerke, die in größeren, bereits bestehenden Netzen integriert sind (vgl. Infokasten 5).

#### Infokasten 5: Virtuelle Kraftwerke

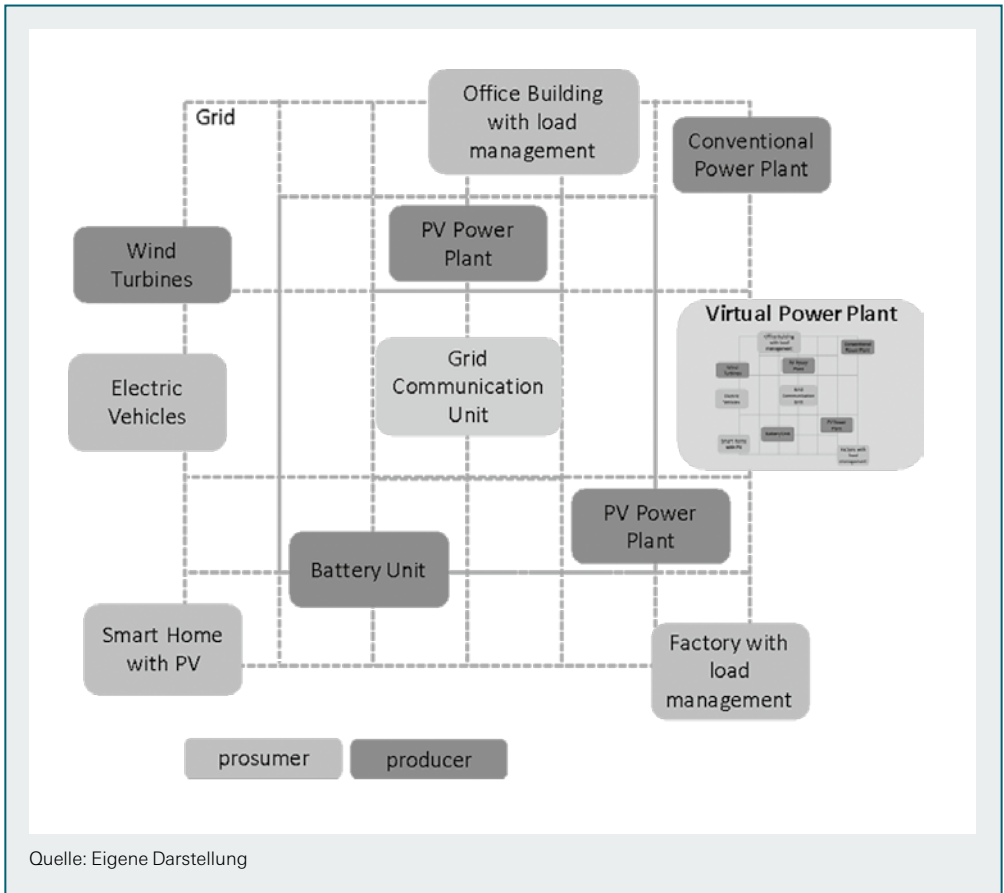
Zahlreiche Stromversorgungsunternehmen bieten ihren KundInnen bereits jetzt Energie, die zu 100 Prozent aus erneuerbaren Quellen stammt, indem sie all ihre kleinen Anlagen bündeln. Diese Form der Versorgung wird als virtuelles Kraftwerk bezeichnet. Ein solches besteht aus ver-

schiedenen Anlagen, Technik zum Bedarfsmanagement und Speichereinrichtungen, die in kontrollierter Weise Strom bereitstellen. Ähnlich einer Matroschka-Puppe ist auch ein virtuelles Kraftwerk nur eine kleinere Version eines größeren Systems aus erneuerbaren Energien, das denselben Grundprinzipien folgt (vgl. Abbildung 9).

#### Abbildung 9: Virtuelles Kraftwerk integriert in einem größeren intelligenten Stromnetz



Quelle: Eigene Darstellung



Quelle: Eigene Darstellung

## MYTHOS NUMMER 4: DIE ERNEUERBAREN HABEN EBENSO VIELE NEGATIVE AUSWIRKUNGEN FÜR DIE UMWELT WIE ENERGIE AUS FOSSILEN BRENNSTOFFEN

Einige argumentieren, dass die erneuerbaren Energietechnologien die Umwelt auch sehr stark belasten. So würde der Bau, der Betrieb und die Stilllegung der Anlagen die Umwelt verschmutzen, und erneuerbare Energien würden ebenso wie fossile Brennstoffe immense Mengen an Treibhausgasen freisetzen, die ebenfalls zum Klimawandel beitragen.

### Das entspricht aber nicht den Tatsachen.

Wenn wir die Umweltauswirkungen von regenerativen Energien mit denen von fossilen Brennstoffen vergleichen, müssen natürlich die negativen Folgen aller Energieformen berücksichtigt werden. Das Ergebnis einer solchen Betrachtung zeigt aber eindeutig, dass fossile Energieträger deutlich umweltschädlicher sind als die erneuerbaren Energien. Die Erneuerbaren bring erheblich geringere Gefahren und Schäden für die Umwelt mit sich, die jedoch ebenfalls bewältigt werden müssen.

### Luftverschmutzung durch fossile Brennstoffe, Biomasse- und Abfallverbrennungsanlagen

Die von fossilen Brennstoffen freigesetzten Luftschadstoffe sind für zahlreiche menschliche Krankheiten und Umweltschäden verantwortlich (vgl. Abbildung 10). ForscherInnen von Greenpeace und der Harvard-Universität kamen 2015 zu dem Schluss, dass beispielsweise die Emissionen aus vietnamesischen Kohlekraftwerken 2011 in etwa 4.300 Fällen zum vorzeitigen Tod von Menschen geführt haben und dass dieser Wert bis 2030 auf

25.000 Todesfällen im Jahr steigen könnte, sollten die aktuellen Pläne für Kohlekraftwerke umgesetzt werden.<sup>23</sup>

Zu den Treibhausgasen, die bei der Kraftstoffverbrennung entstehen, gehören:<sup>24</sup>

**Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>):** Die Verbrennung fossiler Brennstoffe setzt große Mengen an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre frei. Eine unkontrollierte Belastung der Atmosphäre durch Kohlenstoffdioxid hat langfristige Auswirkungen auf unser Klima.<sup>25, 26</sup>

**Schwefeldioxide (SO<sub>2</sub>)** verursachen sauren Regen, der schädlich für Pflanzen und im Wasser lebende Tieren ist. SO<sub>2</sub> kann zudem vorhandene Atemwegserkrankungen und Herzkrankheiten verschlimmern.<sup>27</sup>

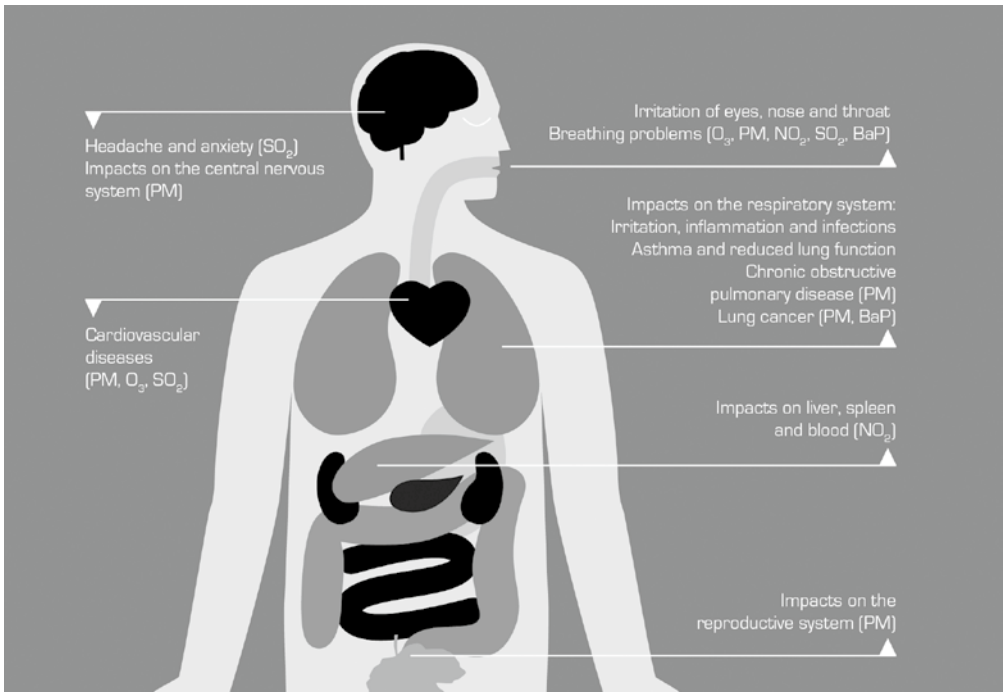
**Stickstoffoxid (NOx)** trägt zur Anreicherung des bodennahen Ozons (O<sub>3</sub>) bei, das die Lungen reizt und schädigt.<sup>28</sup>

**Feinstaub (PM)** kann zu diesiger Luft in Städten und in landschaftlich reizvollen Gegenden führen und trägt in Kombination mit Ozon zur Verbreitung von Asthma und chronischer Bronchitis bei.<sup>29</sup>

Die Verbrennung von Kohle führt zur größten Schadstoffemission, doch auch in Erdgas-, Biogas-, Biomasse- und Abfallverbrennungsanlagen kommt es zur Freisetzung dieser Stoffe. Der Netto-CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Biogas- und Biomasseanlagen ist geringer, sofern das Material aus Abfällen stammt, aber Feinstaub und Stickoxide können auch hier ein Problem darstellen.

<sup>23</sup> Koplitz et al. (2015) <sup>24</sup> EIA (2016) <sup>25</sup> Zu den sozialen Effekten gehören der Anstieg der Lebensmittelpreise, der Verlust von Küstenland und hochwassergefährdeten Gebieten, Zerstörungen durch extreme Wetterereignisse, die Abwanderung aus stark betroffenen Gebieten und der Verlust landwirtschaftlicher Grundlagen <sup>26</sup> EPA (US-Umweltschutzbehörde) (2016) <sup>27</sup> EIA (2016) <sup>28</sup> EIA (2016) <sup>29</sup> EIA (2016)

**Abbildung 10: Negative Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die Gesundheit**



Legende: BaP = Benzoapyren;  $\text{NO}_2$  = Stickstoffdioxid;  $\text{O}_3$  = Ozon; PM = Feinstaub;  $\text{SO}_2$  = Schwefeldioxid.

Quelle: Europäische Umweltagentur (2013)<sup>30</sup>

### Treibhausgasemissionen großer Wasserkraftwerke

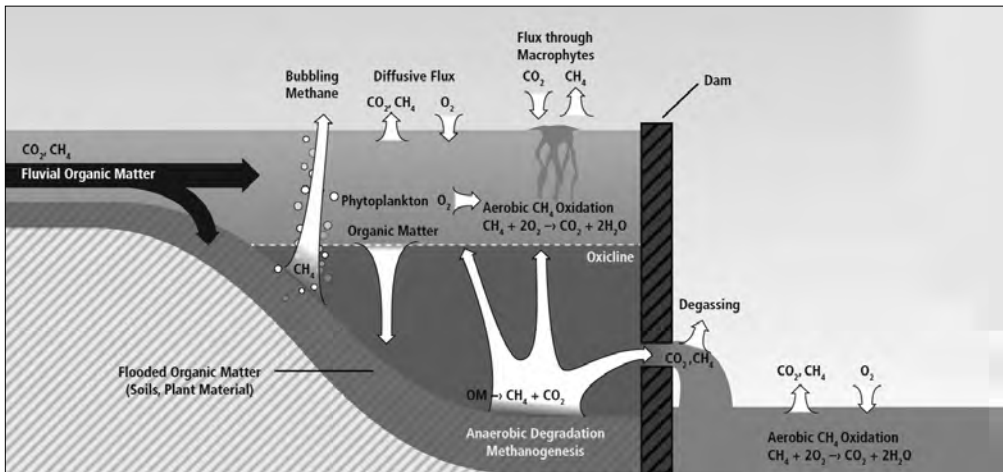
Große und mittelgroße Wasserkraftwerke fallen für gewöhnlich nicht in die Kategorie der erneuerbaren Energien; zu diesen werden für gewöhnlich nur kleine Wasserkraftwerke mit einer installierten Kapazität unter 30 MW gezählt.

Wasserkraftanlagen mit großen Stauseen, insbesondere in den Tropen, tragen direkt zum Klimawandel bei. Im Wasser lebende

Mikroorganismen ernähren sich vom organischen Material in den Sedimenten, die aufgrund der Dämme nicht abfließen können, und produzieren hierbei Methangas (vgl. Abbildung 11).<sup>31</sup> Methangas trägt 34 Mal so stark zur globalen Erwärmung bei wie  $\text{CO}_2$ . Das Gas gast über die Wasseroberfläche des Stausees, die Turbinen und Abwasserkanäle oder noch Dutzende von Kilometern stromabwärts aus.<sup>32</sup>

<sup>30</sup> Umweltministerium von Neuseeland (2014). <sup>31</sup> Warren Cornwall (Science, 2016), Hirsch (2007) <sup>32</sup> International Rivers (o.J.)

Abbildung 11: Abgabe von CO<sub>2</sub> und Methangas in einem Süßwasserreservoir

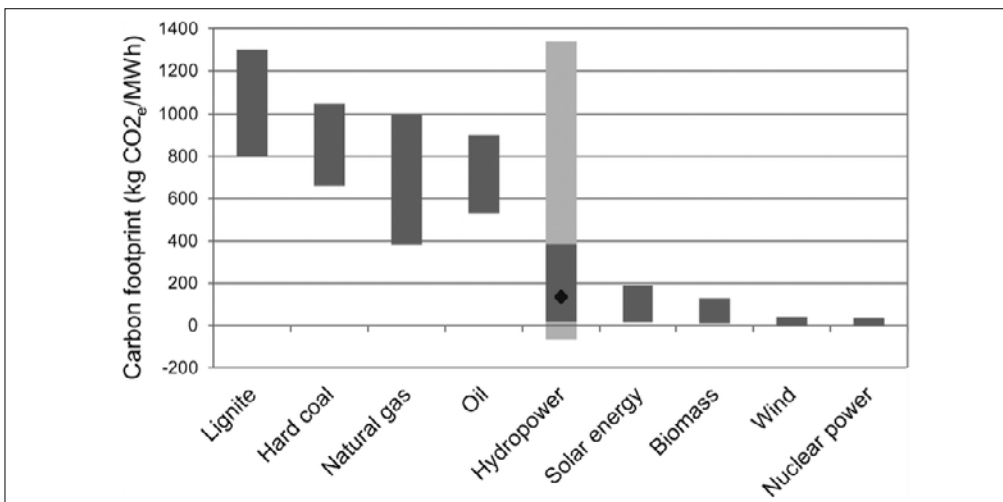


Quelle: IPCC (2012), übernommen aus Guerin (2006)

Durch den Methanausstoß können Wasserkraftwerke mit großen Stauseen in den Tropen – gemessen an ihrer Stromerzeugungskapazität – in sehr starkem Maße zur globalen Erwärmung beitragen (vgl. Abbildung 12).<sup>33</sup>

gungskapazität – in sehr starkem Maße zur globalen Erwärmung beitragen (vgl. Abbildung 12).<sup>33</sup>

Abbildung 12: CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verschiedener Energiequellen



Quelle: Wasserkraftdaten basierend auf Scherer & Pfister (2016), Daten für alle anderen Energiequellen basierend auf Turconi et al. (2013)

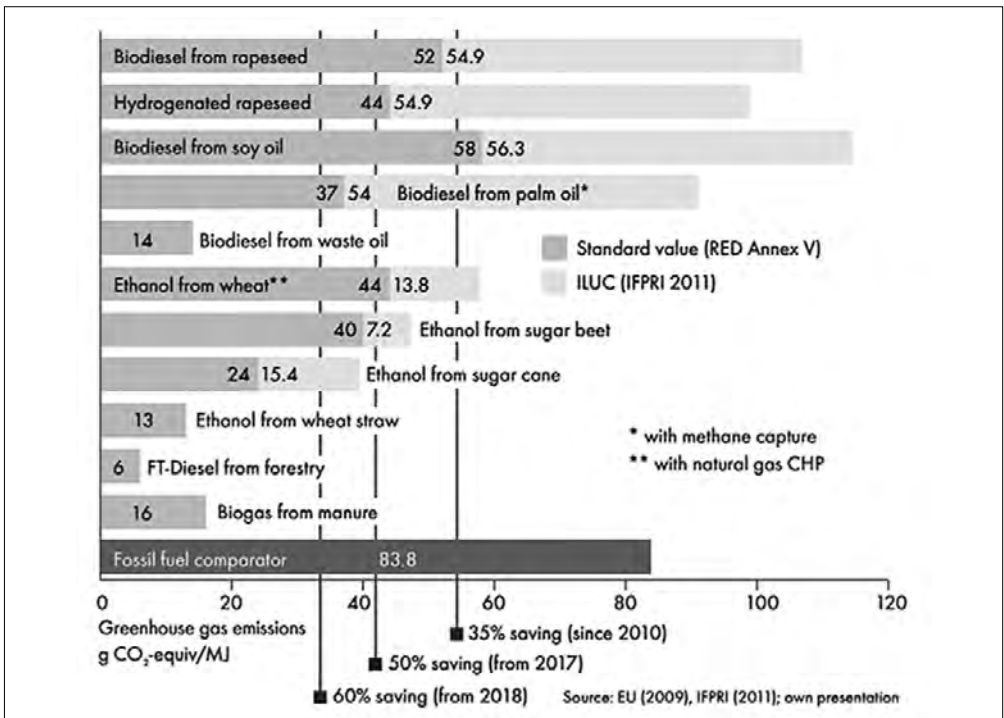
### Treibhausgasemissionen der Agroergieerzeugung

Die Netto-Treibhausgasemissionen der Agroenergie hängen ganz entscheidend von Veränderungen in der Landnutzung ab. Wenn Wälder für die Anpflanzung von Agroenergie-Pflanzen gerodet werden (*direkte* Veränderung der Landnutzung), können die dabei entstehenden Emissionen erst mit einer Verzögerung von Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten durch die Emissionseinsparungen einer Bioenergieanlage wieder wettgemacht werden.<sup>34</sup> Die Produktion von Bioenergie kann auch zu einer Erhöhung der Lebensmittelpreise führen, die ihrerseits eine Umwandlung von bewaldeten Zonen

in Ackerland nach sich zieht. Abbildung 13 zeigt die mögliche Auswirkung einer *indirekten* Veränderung der Landnutzung auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Agrotreibstoffen. Die beste Treibhausgasbilanz hat Bioenergie, die aus Speiseabfällen oder Holzabfällen produziert wird.

Agroenergie hat die stärksten Verflechtungen mit anderen Märkten. So kann die Produktion von Bioenergie kann unter Umständen zu einer Erhöhung der Lebensmittelpreise führen, die ihrerseits eine Umwandlung von bewaldeten Zonen in Ackerland nach sich zieht.<sup>35</sup> Auch Wechselwirkungen mit Märkten für Rohstoffe der Chemie- und Kosmetikindustrie wurden schon beobachtet.

**Abbildung 13: THG-Emissionen von Agrotreibstoffen, unter Berücksichtigung einer indirekten Veränderung der Landnutzung**



Quelle: Shell, IFEU, IINAS (2012)



### Elektronikschrott: Wie können negative Auswirkungen minimiert werden?

Bei den meisten Energietechnologien kommen Bauteile und Produktionsprozesse zum Einsatz, die mit großer Sorgfalt behandelt werden müssen. Elektronikschrott muss beispielsweise gewissenhaft entsorgt werden. Ein Beispiel aus dem Bereich der erneuerbaren Energien dafür sind die kleinen Mengen an Schwermetallen wie Kadmium und Blei, die in Solar-PV-Zellen genutzt werden und die bei der Entsorgung der Solarmodule am Ende ihrer Lebenszeit zu Umweltschäden führen können.<sup>36</sup> Die Solarindustrie hat erste Mechanismen eingeführt, um eine umweltbewusste Herstellung und Wiederverwertung ihrer Produkte sicherzustellen: Die Silicon Valley Toxics Coalition

(SVTC) veröffentlicht regelmäßig eine Bewertungsskala (Scorecard)<sup>37</sup> der weltweit tätigen Hersteller von Solarmodulen, aus der hervorgeht, wie die Unternehmen bei einer Reihe von Kriterien in Bezug auf Nachhaltigkeit und Sozialverträglichkeit abschneiden.<sup>38</sup> Auch die Solarenergie steht in Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen, z.B. Wald oder Ackerbau. Die Veränderung der Landnutzung durch Solar-PV-Parks auf landwirtschaftlichen Flächen kann allerdings durch eine doppelte Nutzung minimiert werden, indem beispielsweise die Solar-PV-Module erhöht angebracht werden, sodass Weideflächen für Schafe, Rinder oder Gänse bestehen bleiben (vgl. Abbildung 14).<sup>39</sup> Die Kombination von (erhöhter) Solar-PV mit Kulturpflanzen, wie etwa Gemüse, wird Agrophotovoltaik genannt.

**Abbildung 14: Kombination einer PV-Anlage auf freiem Feld mit Landwirtschaft**



Quelle: ENBW (o. J.)

<sup>36</sup> Environment Canada (2012) <sup>37</sup> SVTC (2014). <sup>38</sup> SVTC (o. J.).  
<sup>39</sup> Die PV-Anlage kann Rindern oder Schafen als Schattenspende dienen, und aufgrund der hierdurch höheren Bodenfeuchte auch die Kosten für eine Bewässerung der Fläche verringern.

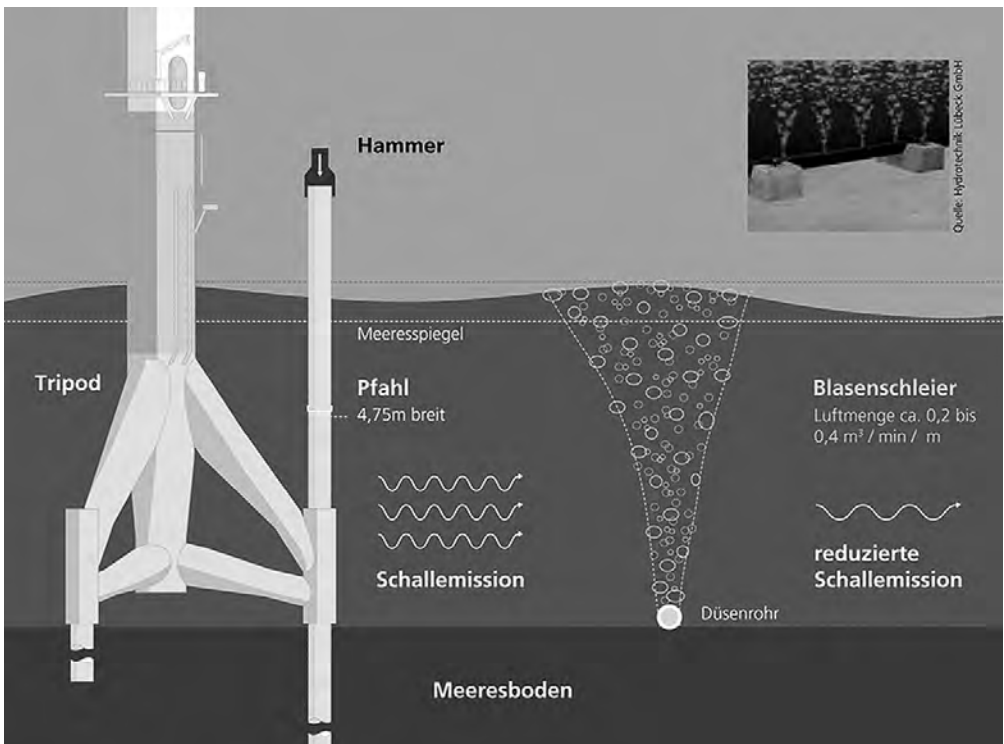
## Umweltbelastung durch Windkraft

Windturbinen und ihre Zufahrtswege können negative Auswirkungen auf Naturschutzparks, Schutzgebiete oder Naturdenkmäler haben, weshalb in diesen Bereichen keine Anlagen gebaut werden sollten. Die sich drehenden Rotorblätter von Offshore- und Festland-Windparks können eine Gefahr für manche Vogelarten darstellen, was bei

der Vergabe von Baugenehmigungen ebenfalls Berücksichtigung finden sollte.

Während der Bauphase von Offshore-Windparks kann der Bohrlärm die Meeresfauna beeinträchtigen. Um die Auswirkungen gering zu halten, kann der Bau außerhalb der Wanderzeiten durchgeführt werden. Zudem kann die Baustelle durch einen Blasen Schleier abgeschirmt werden (vgl. Abbildung 15).

**Abbildung 15: Blasen Schleier zur Minimierung der Folgen von Unterwasserbohrungen auf die Meeresfauna**



Quelle: BfN (o. J.)

## MYTHOS NUMMER 5: KERNENERGIE IST UMWELTFREUNDLICH

Viele glauben, dass Kernenergie umweltfreundlich ist, dass sie vergleichsweise preisgünstig ist und dass sie eine bessere Alternative zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes darstellt als die erneuerbaren Energien.

### Das entspricht aber nicht den Tatsachen.

Glaubt man der Atomindustrie, ist Kernenergie preisgünstig.<sup>40</sup> Aber die jüngsten Kernkraftprojekte, insbesondere in Europa, haben daran Zweifel gesät.

Im Jahr 2005 erlaubte die finnische Regierung TVO,<sup>41</sup> einem privaten Stromversorger, den Bau einer neuen Einheit (Einheit 3) des Kernkraftwerks Olkiluoto im Westen des Landes.<sup>42</sup> Die neue Einheit mit ihrem neuartigen «Druckwasserreaktor der dritten Generation» (bekannt als EPR), sollte sicherer und effizienter, aber auch schneller und preisgünstiger sein als der Bau bisheriger Anlagen.<sup>43</sup> Die Inbetriebnahme war für 2009 geplant. Zu Anfang war der Bauherr ein Joint-Venture aus Areva und Siemens. Im Jahr 2009 verkaufte Siemens jedoch seine Anteile und zog sich aus dem Atomgeschäft zurück.<sup>44</sup> Aktuell geht man davon aus, dass der Reaktor erst im Jahr 2018 betriebsbereit sein wird, neun Jahre später als geplant.<sup>45, 46</sup> Es gab viele Gründe für die Verzögerungen, einschließlich Rechtsklagen, technische Fehler, Konstruktionsfehler und Fehlkommunikation.<sup>47</sup> Den größten Irrtum beging man jedoch hinsichtlich der Kosten, die sich von den geschätzten 3,6 Milliarden USD auf 9,5 Milliarden USD erhöhten. Aktuell befinden sich TVO und Areva in einem Rechtsstreit über 10,5 Milliarden USD zur Übernahme der Mehrkosten.<sup>48</sup> Sollte der Rechtsstreit zu Ungunsten von TVO ausfallen, wären zahlreiche finnische Unternehmen ebenfalls davon

betroffen. Ein weiterer EPR-Reaktor wird im «Hinkley Point C»-Werk in Großbritannien gebaut (vgl. Mythos 1) und ist, wie die britische Regierung, aber auch die Europäische Kommission anerkannt haben, wesentlich teurer als marktüblich.

Unabhängig von den Baukosten für Projekte wie der Einheit 3 im Olkiluoto-Werk oder Hinkley Point C, ist eine wichtige Sorge, dass am Ende die Staaten für die externen Kosten, Risiken und Entsorgungskosten der Kernenergie aufkommen müssen. Zu diesen gehören der Rückbau der Reaktoren und die Endlagerung atomarer Abfälle lange nachdem die Atomindustrie aus den Projekten ausgestiegen sein wird. Abbildung 2 in Mythos 1 zeigt eine Schätzung der Vollkosten der deutschen Atomindustrie im Vergleich zu anderen Energiequellen. Zu den Vollkosten der Atomenergie gehören neben der Endlagerung auch die Risiken eines Atomunfalls.

### Umweltbedenken zum Atommüll

Neben den Kosten müssen wir auch die Gesamtheit der möglichen Schäden für Umwelt und Menschen berücksichtigen, die die Atomenergie in der Vergangenheit hatte und noch bis zu 300.000 Jahre lang haben könnte. GE Hitachi zufolge wurden 2015 weltweit 100 Milliarden USD für die Entsorgung und Lagerung von Atommüll zurückgestellt.<sup>49</sup> Es bestehen jedoch Zweifel, ob diese Summe ausreichen wird, um die langfristige Lagerung des Atommülls zu gewährleisten.

<sup>40</sup> WNA (2016 E) <sup>41</sup> Teollisuuden Voima Oyj, ein finnisches Atomenergieunternehmen <sup>42</sup> Schneider et al. (2011) <sup>43</sup> Carbon Brief (2015) <sup>44</sup> World Nuclear News (2011 A) <sup>45</sup> World Nuclear News (2011 B) <sup>46</sup> The Ecologist (2015) <sup>47</sup> Carbon Brief (2015) <sup>48</sup> The Ecologist (2015) <sup>49</sup> WNA (2016 A)

Jedes Jahr erzeugen Atommeiler weltweit etwa 10.000 LKW-Ladungen schwach- und mittelfradioaktiven Abfalls<sup>50</sup> und etwa 500 LKW-Ladungen hochradioaktiven Abfalls.<sup>51</sup> Diese Materialien bleiben noch Tausende von Jahren radioaktiv und eine Gefahr für die menschliche Gesundheit. Zurzeit gibt es zwei Möglichkeiten, mit dieser giftigen Last umzugehen:

1. Direkte Entsorgung in einem geologischen Endlager, womit bislang allerdings noch kein einziges Land dauerhaft begonnen hat. Lediglich die USA und Schweden haben Lagerstätten für die Zwischenkühlungsphase ausgewählt.<sup>52</sup> Es dauert etwa 300.000 Jahre, bis der radioaktive

Müll dasselbe Radioaktivitätsniveau erreicht hat wie das ursprüngliche Erz. Die Endlager müssen gewährleisten, dass sie den Atommüll über den gesamten Zeitraum sicher einschließen, um eine radioaktive Verseuchung der Umwelt zu verhindern.

2. Die Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente zur partiellen Neuverwendung in Kernkraftwerken. Beim nicht-weiterverwendbaren Material dauert es dann «nur» etwa 9.000 Jahre, bis die Radioaktivität abgeklungen ist.

Infokasten 6 zeigt ein Beispiel für die katastrophalen Folgen unsachgemäßer Entsorgung von Atommüll in Russland.

#### **Infokasten 6: Der Karatschai-See und die Auswirkungen eines Atomendlagers**

Die Sowjetunion nutzte den Karatschai-See als Deponie für den Atommüll aus der Mayak-Atomwaffenfabrik, die in den 1940er Jahren erbaut worden war. Sie liegt in der Tscheljabinsk-Region, im Südwesten Russlands, nahe der Grenze zu Kasachstan. Heute ist der Karatschai-See der am stärksten verseuchte Ort der Welt. Ursprünglich wurde der Atommüll der Mayak-Fabrik im nahegelegenen Tetscha-Fluss verklappt, auf den die lokale Bevölkerung angewiesen war. Nachdem man erkannt hatte, dass 65 Prozent der EinwohnerInnen unter der Strahlenkrankheit litten, wechselte man die Meth-

ode und lagerte den Müll in Fässern. Als die Lagerstätte im September 1957 explodierte, setzte sie 70 Tonnen radioaktiven Materials in bis zu 1,5 km Höhe frei. Die Staubwolke erstreckte sich über mehr als 23.000 km<sup>2</sup> Land. Etwa 270.000 Menschen und ihre Nahrungsquellen waren betroffen.

Der Karatschai-See war zur Lagerstätte auserkoren worden, weil er keine Abflüsse hatte. Im Jahr 1967 legte jedoch eine heftige Dürre den See trocken und gab damit die radioaktiven Sedimente am Grund des Sees frei. Noch heute sind große Teile dieser Region unbewohnbar.<sup>53</sup>

<sup>50</sup> Zum mittelfradioaktivem Abfall gehören Filter und Stahlkomponenten des Reaktors mit einer Radioaktivität von 4 Prozent. 90 Prozent dieses Volumens besteht aus schwach-radioaktiven Abfall (Werkzeuge, Arbeitskleidung) mit einem Radioaktivitätsgehalt von 1 Prozent (WNA, 2016 B) <sup>51</sup> Etwa 3 Prozent des Atommülls besteht aus hochradioaktiven Abfall aus abgebrannten Brennelementen mit einer Radioaktivität von 95 Prozent (WNA, 2016 B) <sup>52</sup> Die Zwischenlagerung dauert 40–50 Jahre, während der das Material mit Kühlwasser heruntergekühlt werden muss (WNA, 2016 A). <sup>53</sup> Gayle (2012)

## Die Sorge um Atomunfälle

Weitere Bedenken gibt es hinsichtlich der Atomunfälle, die es in der Geschichte der zivilen Nutzung der Kernenergie mehrmals gegeben hat. Die britische Tageszeitung *The Guardian* hat die Unfälle analysiert und inklusive des ersten verzeichneten Unfalls in Chalk River im kanadischen Ontario insgesamt 33 ernsthafte Störfälle bzw. Unfälle in Kernkraftwerken identifiziert.<sup>54</sup> Eine un-

kontrollierte Kettenreaktion in einem Atomkraftreaktor kann zu einer weitreichenden Verseuchung von Luft und Wasser führen.<sup>55</sup> Die drei größten Atomunfälle ereigneten sich in Three Mile Island (1979) in den USA,<sup>56</sup> Tschernobyl Einheit 4 (1986) in der Sowjetunion und Fukushima (2011) in Japan.<sup>57</sup> Infokasten 7 und Infokasten 8 bieten einen kurzen Abriss über die Geschehnisse in Tschernobyl und Fukushima.

### Infokasten 7: Tschernobyl 1986: eine Reaktorkatastrophe in Europa

Der Tschernobyl-Reaktor in der Sowjetunion (Ukraine, nahe der Grenze zu Weißrussland, amtlich «Belarus») explodierte am 26. April 1986 während eines Reaktorsystemtests. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) berichtete, dass sich etwa die 200-fache Menge an Radioaktivität der Atombomben von Hiroshima und Nagasaki über den westlichen Teil der Sowjetunion und Europa verteilten.<sup>58</sup> Mehr als 70 Prozent der beim Unfall in die Atmosphäre freigesetzten radioaktiven Substanzen kamen auf dem Gebiet von Weißrussland herunter. 23 Prozent des Staatsgebiets wurden bei der Katastrophe verseucht. Das Gebiet des Radioökologischen Naturreservats Polesien (1.300 km<sup>2</sup>), das dem Kernkraftwerk am nächsten gelegen war, wird aufgrund der starken «Belastung» mit langlebigen radioaktiven

Isotopen für Zehntausende von Jahren unbewohnbar bleiben.<sup>59</sup>

Beinahe 30 Prozent der bewaldeten Fläche in Weißrussland sind von hoher Radioaktivität betroffen, mehr als 22 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche wurden verseucht. 15 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche gingen für eine wirtschaftliche Nutzung unwiederbringlich verloren. Unmittelbar nach dem Unfall wurde ein erheblicher Anstieg an Gamma-Strahlung in ganz Weißrussland verzeichnet und dort eine Umweltkatastrophe ausgerufen.<sup>60</sup>

In Folge der Katastrophe mussten etwa 220.000 Personen umgesiedelt werden.<sup>61</sup> Mehr als 1,1 Mio. Menschen leben in Belarus noch immer auf radioaktiv verseuchtem Grund. Man hat einen Anstieg der Erkrankungsrate verzeichnet.

<sup>54</sup> The Guardian (2016) <sup>55</sup> EIA (2015) <sup>56</sup> Im Kernkraftwerk Three Mile Island (Pennsylvania, USA) ereignete sich am 28. März 1979 eine partielle Kernschmelze in Einheit 2 <sup>57</sup> WNA (2016 C) <sup>58</sup> WHO (1995) <sup>59</sup> Dawe (2016) <sup>60</sup> Kenik (1995) <sup>61</sup> Union of Concerned Scientists (o. J.)

**Infokasten 8: Fukushima 2011: eine Reaktorkatastrophe in Asien**

In Japan wurden u.a. die Notstrom-Dieselegeneratoren zur Kühlung der Reaktoren des Kernkraftwerks Fukushima durch einen Tsunami infolge eines Erdbebens überflutet. Die Überhitzung der Brennstäbe im Reaktorkern führte zu Wasserstoffexplosionen, die drei Reaktorgebäude schwer beschädigten. Es kam in den betroffenen Reaktoren zur Kernschmelze, wodurch Radioaktivität in die Umgebung entweichen konnte. Ein großes Gebiet wurde verseucht und beinahe eine halbe Million Menschen

musste evakuiert werden. Hochradioaktives Wasser gelangte in den Pazifischen Ozean. Im November 2011 stellte die japanische Regierung fest, dass etwa 30.000 km<sup>2</sup> Land (vergleichbar mit der Größe Belgiens) mit langlebigem radioaktivem Cäsium verseucht wurden.<sup>62</sup> Bis 2012 mussten etwa 160.000 Menschen aufgrund des Unfalls umgesiedelt werden.<sup>63</sup> Der gesamte wirtschaftliche Schaden beläuft sich auf eine Größenordnung von 130 Milliarden USD.<sup>64</sup>

## MYTHOS NUMMER 6: DURCH DIE UMSTELLUNG AUF ERNEUERBARE ENERGIEN GEHEN ARBEITSPLÄTZE VERLOREN

Ein weit verbreiteter Irrglaube ist die Annahme, dass die Umstellung auf erneuerbare Energien Arbeitsplätze kostet. So würden beispielsweise beim Kohlebergbau, der Erdöl- und Gasförderung, der Verschiffung fossiler Energieträger, rund um die Pipelines, in den Wärmekraftwerken und beim Bau benötigter Infrastruktur Arbeitsplätze verloren gehen. Neue Jobs im Bereich erneuerbare Energien würden diese Arbeitsplatzverluste nicht ausgleichen können, so die Annahme.

### Das entspricht aber nicht den Tatsachen.

Die Gesamtzahl der Beschäftigten im Bereich erneuerbare Energien ist 2015 weltweit um 5 Prozent auf 8,1 Millionen Menschen gestiegen,<sup>65</sup> was im deutlichen Kontrast zum Beschäftigungsrückgang in anderen Bereichen inklusive der Energiebranche steht. In der EU sind die Beschäftigungszahlen in den Erneuerbaren in diesem Jahr zwar ganz leicht gesunken, insgesamt waren aber eine Million Menschen in dieser Branche tätig und allein in Deutschland gab es 355.000 Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien. In den USA stieg die Zahl der Beschäftigten in den Erneuerbaren um rund 6 Prozent, während die Zahl der Arbeitsplätze in der Erdöl- und Gasförderung (sowie in den direkt damit zusammenhängenden Betrieben) um 18 Prozent zurückging. In China waren im Bereich erneuerbare Energien mehr als 3,5 Millionen Menschen tätig – mehr als die 2,6 Millionen Beschäftigten der Erdöl- und Gasbranche. In Bangladesch arbeitet 127.000 Menschen in der Photovoltaikbranche. Zusätzlich gibt es global geschätzt mehr als 1,3 Millionen Arbeitsplätze in und im Umfeld großer Wasserkraftprojekte.<sup>66</sup>

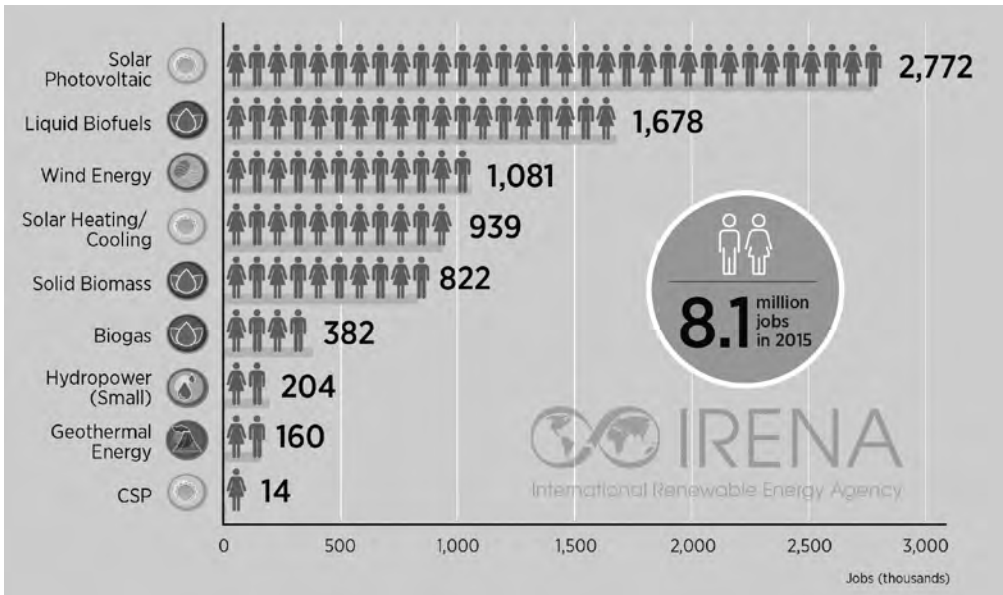
Wie der Abbildung 16 zu entnehmen ist, stellt die PV-Branche die meisten Arbeitsplätze. Der Anlagenbau erfolgt überwiegend in Asien, wobei China wegen der Importzölle auf chinesische Produkte in der EU und den USA 2015 einen Teil der Produktion in Länder wie Brasilien, Indien, Malaysia und Thailand verlegt hat. Flüssige Agrokraftstoffe schaffen Arbeitsplätze in Ländern, in denen diese in großem Umfang angebaut, verarbeitet und genutzt werden, wie beispielsweise Brasilien. China, die USA und Deutschland beschäftigen viele Arbeitskräfte in der Windenergiebranche, aber auch Indien und Brasilien verzeichnen steigende Beschäftigungszahlen in diesem Bereich. China, Indien und Deutschland haben die meisten Arbeitskräfte im Bereich Biogas.

Kohlewirtschaft, Erdöl- und Gasindustrie beschäftigen dagegen weltweit insgesamt 13 Millionen Menschen. Bei weniger als doppelt so vielen Beschäftigten produzieren sie gegenwärtig immer noch viermal so viel Energie wie die Erneuerbaren.<sup>67</sup> Diese Daten weisen eindeutig darauf hin, dass die Umstellung auf erneuerbare Energien mehr Arbeitsplätze schafft, nicht weniger.

Diese Annahme bestätigt auch eine vietnamesische Studie, in der die Beschäftigungswirkung des staatlichen Energieentwicklungsplans bis 2030 (der primär auf Kohleverstromung setzt) mit einer möglichen nachhaltigen Energieversorgung (die verstärkt auf Solar-, Biomasse- und Windenergie setzt) verglichen wurde. Im Ergebnis würden

<sup>65</sup> Diese Daten wurden mehrheitlich IRENA (2016) entnommen. <sup>66</sup> Allgemein akzeptierten Definitionen zufolge gehören kleinere Wasserkraftanlagen mit einer Kapazität von maximal 30 Megawatt (MW) zu den erneuerbaren Energien, größere Anlagen nicht. <sup>67</sup> Singer (2015)

Abbildung 16: Beschäftigung im Bereich erneuerbare Energien 2015



Quelle: IRENA (2016)

jeweils 260.000 bzw. 700.000 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen.<sup>68</sup> Auch eine australische Untersuchung zu den Auswirkungen einer Erhöhung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien von derzeit 34 Prozent auf 50 Prozent bis 2030 deutet auf einen Nettobeschäftigungszuwachs für ganz Australien hin, insbesondere durch den die Installation von Photovoltaikanlagen.<sup>69</sup>

Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien sind sauber und bedürfen einer relativ hohen Qualifikation. Die Daten einer IRENA-Umfrage in 90 Unternehmen aus über 40 Ländern weisen darauf hin, dass durchschnittlich 35 Prozent der Angestellten

Frauen sind, während im gesamten Energiesektor, in dem weiterhin die fossilen Energieträger überwiegen, nur 20 bis 25 Prozent aller Beschäftigten Frauen sind.<sup>70</sup> Die Zahlen sind also vielversprechend – und trotzdem wird die Umstellung auf erneuerbare Energien einigen Menschen den Job kosten, die keine Anstellung in den Erneuerbaren finden werden. Viele der Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien sind beispielsweise für Kohlebergleute nicht geeignet, sodass Umschulungsmaßnahmen notwendig und alternative Beschäftigungsverhältnisse geschaffen werden müssen, insbesondere für die Bergleute.



## MYTHOS NUMMER 7: FEHLENDE FACHKENNTNIS IM BEREICH ERNEUERBARE ENERGIEN VERZÖGERT DEREN EINSATZ IN DEN ENTWICKLUNGSLÄNDERN

Zu den Vorbehalten gegen einen frühen und zügigen Einsatz von erneuerbaren Energien in Entwicklungsländern zählt auch der Mythos der fehlenden Expertise. Die Technologien seien zu komplex und heimische Unternehmen hätten Schwierigkeiten dabei, diese in Planung und Betrieb richtig einzusetzen oder sie zu erwerben. Damit seien die Entwicklungsländer abhängig von ausländischen Firmen und ExpertInnen. Der Einsatz in entlegenen, ländlichen und armen Gegenden würde außerdem an fehlenden Installations-, Reparatur- und Wartungsdiensten scheitern.

### Das entspricht aber nicht den Tatsachen.

Geschultes Personal ist wichtig, stellt aber nicht zwangsläufig ein größeres Hindernis für den Einsatz von erneuerbaren Energien dar. Mit der staatlichen Unterstützung für Programme von Universitäten und technischen Hochschulen zur Kapazitätsentwicklung, aber auch durch Technologietransfers zwischen Unternehmen kann personellen Engpässen in der Entwicklung erneuerbarer Technologien begegnet werden. Ein Beispiel: Sobald die chinesische Regierung das Startsignal für erneuerbare Energien gegeben hatte, begannen halbstaatliche Unternehmen mit der Produktion von Windenergieanlagen; erst in Joint Ventures mit ausländischen Unternehmen und später in Lizenzproduktion. Begleitet wurde dieser Prozess von gemeinsamen Forschungsprojekten, der Einrichtung zahlreicher Studiengänge sowie technischen Qualifizierungsprogrammen. Hierdurch

wurde China zu einem führenden Hersteller erneuerbarer Technologien.

Viele erneuerbare Energietechnologien sind ausgereift und werden von zahlreichen Unternehmen in unterschiedlichen Ländern hergestellt, sie sind bezahlbar geworden und werden in großem Umfang eingesetzt. Dies betrifft Windkraft, Solarthermie und Photovoltaik, Biogasanlagen (unterschiedlicher Größenordnung) und natürlich Wasserkraftwerke und Biomasse befeuerte Heizkessel und Stromgeneratoren sowie beispielsweise auch Sonnenwärmekraftwerke (CSP). Eine Fülle an Informationen zu diesen Technologien steht zur Verfügung und wird an Schulen und Hochschulen in vielen Ländern weltweit unterrichtet. Mit diesem Wissen können neue Montage- und Herstellungsbetriebe gegründet werden. Beispielsweise bieten 20 Universitäten in Vietnam Kurse im Bereich erneuerbare Energien an und/oder forschen beispielsweise zum Thema Windenergie. Zwei Universitäten haben Bachelor- und Masterstudiengänge für erneuerbare Energien eingerichtet.<sup>71</sup>

Unternehmen im Bereich erneuerbare Energien bieten ihren Angestellten, VertriebspartnerInnen und ProsumentInnen häufig Trainings an. Die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen (F&E) großer Unternehmen und Forschungsinstitute arbeiten weiter an der Verbesserung bestimmter Bauteile und der Effizienz von Solarzellen und Speicheraggregaten. F&E erfolgt insbesondere in den Industrieländern, aber auch

<sup>71</sup> GIZ (2016)

China gehört nun zu den Spitzenreitern bei verschiedenen Technologien und einiges an F&E läuft auch in anderen Entwicklungsländern. Selbst wenn Produktionsprozesse oder Produkte patentiert sind, bauen Unternehmen auch Produktionseinheiten in anderen Ländern auf und erteilen lokalen Betrieben Lizenzen für die Nutzung ihrer Technologien. Sie haben ein Interesse daran, ihre Produkte

im Ausland zu verkaufen, weshalb sie nach Kooperationen mit Investoren und heimischen Unternehmen für den Bau etwa von Kraftwerken suchen. Bauteile für Erneuerbare-Energie-Anlagen werden zuweilen in Entwicklungsländern hergestellt, selbst wenn ihr Einsatz vor Ort noch in den Kinderschuhen steckt, wie im Infokasten 9 dargestellt wird.

### **Infokasten 9: Handelskonflikte über vietnamesische Windradtürme**

Wie die internationalen Handelsstreitigkeiten über Windradtürme gezeigt haben, können Entwicklungsländer in kurzer Zeit konkurrenzfähige Produkte im Bereich erneuerbare Energien entwickeln.

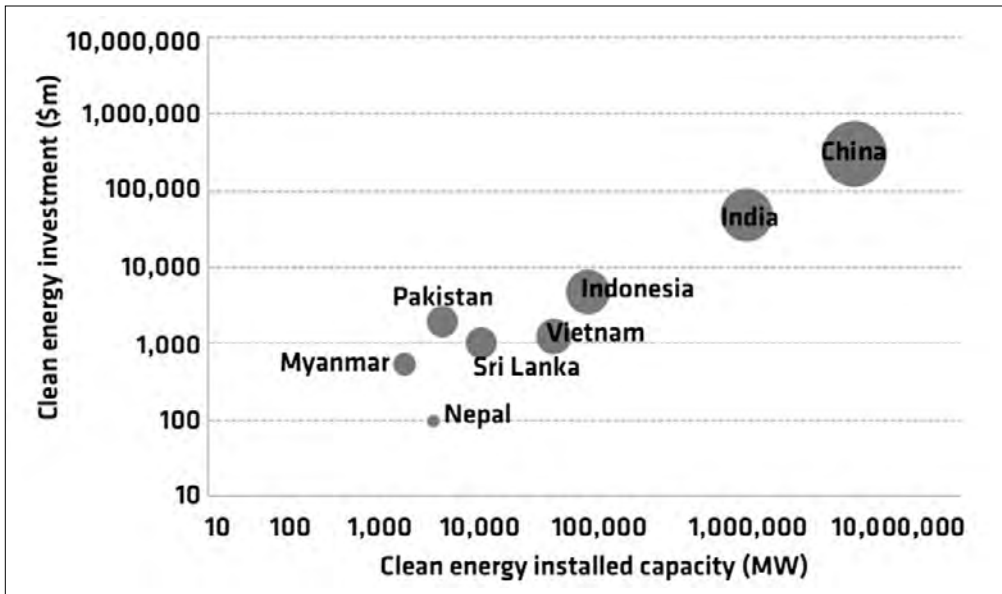
Vietnam hat nur wenige Windparks, doch noch bevor im Land die ersten Anlagen installiert wurden, gab es bereits Unternehmen, die Türme für Windenergieanlagen gebaut und exportiert haben. CS Wind (Vietnam) wurde 2003 als erster und heute noch größter Produktionsbetrieb des koreanischen Unternehmens CS Wind gegründet. UBI Tower begann als vietnamesisches Unternehmen im Jahr 2010 mit dem Bau von Windradtürmen. 2011 traten US-Hersteller einen Handelskonflikt los, weil die

Preise der von Vietnam und China in die USA exportierten Türme ein Drittel unter dem «Normalwert» lag.<sup>72</sup> Die US-Kommission für internationalen Handel (ITC) befasste sich mit dem Fall und China bat die Welthandelsorganisation (WTO) um ein Streitbeilegungsverfahren mit Vietnam als «Drittland» wegen der gegen sie erhobenen Zölle.<sup>73</sup> Bei der «Verwaltungsprüfung» in 2015 kam das US-Handelsministerium im Fall der «Antidumpingzölle» gegen vietnamesische Export-Windtürme zu dem Schluss, dass die Preise der CS Wind (Vietnam) nicht unverhältnismäßig niedrig waren, die Erhebung der Zölle aber gerechtfertigt sei, da Vietnam aus Sicht der USA keine Marktwirtschaft ist.<sup>74</sup>

Der jährliche Climatescope-Bericht der Bloomberg New Energy Finance, in dem die Märkte für erneuerbare Energien analysiert und bewertet werden, war der Auffassung, dass «die asiatischen Länder sehr erfolgreich CO<sub>2</sub>-armen Handel und Wertschöpfungsket-

ten im Bereich sauberer Energie betrieben haben».<sup>75</sup> Abbildung 17 zeigt wie vollständig die Wertschöpfungsketten in dieser Hinsicht in Asien sind, wobei China die bestmögliche Bewertung erzielt.

**Abbildung 17: Vollständigkeit der Wertschöpfungsketten in Asien im Vergleich zur installierten Kapazität und den Investitionen**



Hinweis: Größere Kreise stehen für einen höheren Grad an Vollständigkeit. China hat einen perfekten Wert von 5,00 für seine Wertschöpfungsketten erreicht.

Quelle: BNEF (2015)

Die erneuerbare Technologie steht also zur Verfügung, sie muss aber auch eingesetzt werden und zwar in Form von Kraftwerken oder Heizkesseln für industrielle Trocknungsanlagen oder aber Biogasanlagen, solarbetriebenen Warmwasserbereitern oder Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung für Privathaushalte und auf Gemeindeebene. Vor allem der Einsatz von neuen Technologien in entlegenen ländlichen Gebieten durch

arme und oftmals des Schreibens unkundige Menschen wurde in Frage gestellt, es gibt aber zahlreiche Beispiele von extrem erfolgreichen Qualifizierungsprogrammen, die zu einer weiteren Verbreitung und Annahme dieser Technologien geführt haben. Die in den Infokästen 10 und 11 beschriebenen Beispiele zum Einsatz von PV- und Biogasanlagen veranschaulichen diesen Erfolg.

### Infokasten 10: Großmütter werden Solartechnikerinnen

Die indische «Barfuß-Uni», das Barefoot College, hat bewiesen, dass sich jede Person raffiniertes technologisches Wissen aneignen und somit dazu beitragen kann, das Leben vieler zu verändern.

Das College hat Frauen mit geringen oder ohne Lese- und Schreibkenntnissen, in der Mehrzahl Großmütter, in ganz Indien und 76 weiteren Ländern in Montage, Wartung und Reparatur von Photovoltaikanlagen ausgebildet (Abbildung 18). Dörfer ohne Anschluss an das Stromnetz haben Frau-

en ausgewählt, die in einem Zeitraum von sechs Monaten als Solartechnikerinnen ausgebildet wurden, um dann in ihrem Dorf gegen regelmäßiges Einkommen ihre Dienste anzubieten. Hierdurch konnten mindestens 14.500 Haushalte mit Solarstrom versorgt werden. Das Barefoot College bildet Frauen auch zu solarbetriebenen Warmwasserbereitern, Kochern und Entsalzungsanlagen aus. Für seine Arbeit hat die Fortbildungsorganisation internationale Preise und breite Anerkennung erhalten.<sup>76</sup>

**Abbildung 18: Kursraum für Solartechnik des Barefoot Colleges**



Quelle: Mit freundlicher Genehmigung des Barefoot Colleges<sup>77</sup>

<sup>76</sup> Barefoot College (2016 A); Top Documentary Films (2012); YouTube (2011); auch: ADB (o. J.) <sup>77</sup> Barefoot College (2016 B)

### **Infokasten 11: Biogasanlagen: Nach der Qualifizierung mangelt es weiterhin an Investitionshilfen**

Biogasanlagen für Privathaushalte, die (überwiegend) mit Dung funktionieren und Gas zum Kochen, Heizen und Beleuchtung, sowie Gärreste zum Düngen der Felder produzieren, sind in vielen Ländern sehr populär geworden. Die niederländische Entwicklungsorganisation SNV hat die Installation von mehr als 700.000 Biogasanlagen in unterschiedlichen Ländern Asiens, Lateinamerikas und Afrikas ermöglicht, von denen Schätzungen zufolge etwa 3,5 Millionen Menschen profitieren. Hierzu zählt auch Kambodschas staatliches Biogasanlagenprogramm (NBP), mit dem seit 2006 etwa 20.000 Haushalte erreicht werden konnten.<sup>78</sup>

Im Rahmen des NBP werden Maurerteams zum Bau von Biogasanlagen ausgebildet. Sie erhalten eine geringe finanzielle Unterstützung, um ihre Investitionsausgaben zu senken. Man möchte eine marktorientierte und selbstfinanzierte Biogasbranche aufbauen. Der Aufbau von lokalen Kompetenzen und einer lokalen Nachfrage bringen Arbeitsplätze, und senken die Kosten und den Zeitaufwand für

das Kochen, entsorgen (Schweine)Mist, verbessern die Luftqualität im Haus dadurch, dass weniger Feuerholz eingesetzt wird, und bringen bessere und kostenlose Düngemittel für den Anbau von Gemüse und Ackerfrüchten.

Aufgrund seines Klimaschutzpotentials und seiner sozialen Erfolge hat das NBP den «Gold Standard» für Emissionszertifikate erhalten, die auf dem internationalen Kohlenstoffmarkt verkauft werden.<sup>79</sup> Dadurch stehen die Mittel zur Verfügung, dass das Programm sich langfristig selbst tragen kann. Allerdings ist das Preisniveau für Emissionszertifikate sehr niedrig, so dass es sich als schwierig erwiesen hat, gänzlich auf eine Geberfinanzierung zu verzichten. Zudem erfordert die Weiterentwicklung der Technologien ständige, wenngleich geringfügige Investitionen: Auch die «Regulierung und Koordinierung durch die Regierung wird allerdings weiterhin erforderlich sein, und die Finanzierung durch Emissionszertifikate wird weder ODA noch die staatlichen Finanzierungshilfen einfach ersetzen können.»<sup>80</sup>

<sup>78</sup> Niederländische Entwicklungsorganisation SNV (2016 A) <sup>79</sup> Niederländische Entwicklungsorganisation SNV (2016 B) <sup>80</sup> Buysman und Mol (2013); vgl. auch: ADB (o.J.)

## MYTHOS NUMMER 8: ERNEUERBARE ENERGIEN VERHINDERN DIE ENTWICKLUNG DER LÄNDER DES GLOBALEN SÜDENS

Manche sind der Auffassung, dass erneuerbare Energien altmodische und überholte «low tech» Lösungen sind und dass sie nicht zu einem modernen Entwicklungsmodell passen. Der Einsatz von erneuerbaren Energien bremse daher die Entwicklungsländer aus und diene dazu, sie auf einem rückständigen Entwicklungsniveau zu halten. Soweit die zum Einsatz kommende Technologie doch modern und effizient sei, stünde sie unter der Kontrolle von Unternehmen aus den

Industrieländern. Investitionen in erneuerbare Energien lohnten sich daher nicht.

**Das entspricht aber nicht den Tatsachen.**

Wasserräder und Windmühlen haben 200 Jahre lang handwerkliche und kleinformartige Industrieverfahren ebenso wie landwirtschaftliche Bewässerungs- und Entwässerungssysteme mit Energie versorgt.

**Abbildung 19: Traditionelle Wasserkraftnutzung in Vietnam**



Quelle: Eigene Aufnahme

Die Energieversorgung der industriellen Revolution basierte zunächst auf Bäumen, was zu massiver Entwaldung führte, später dann auf fossilen Energieträgern, wie die bei Dampfmaschinen verwendete Kohle. Und noch heute nutzen wir fossile Energietechnologien für Transport und Stromerzeugung, von denen die meisten im 19. Jahrhundert erfunden wurden. Aber auch Windmühlen versorgen uns bereits seit dem 19. Jahrhundert mit Strom.

Allerdings haben die meisten dieser Technologien während der zweiten Hälfte des

20. Jahrhunderts riesige Sprünge gemacht, was ihre Größe und Effizienz betrifft. Man nutzte dabei zum Beispiel das technische Wissen der Raum- und Luftfahrtindustrie, nicht nur hinsichtlich der verwendeten Materialien, sondern auch mit Blick auf Fertigung und Regelungstechnik. Moderne Windräder können sehr groß sein: Die größten Offshore-Windturbinen haben nun eine installierte Leistung von 8 MW, einen Rotordurchmesser von 164 Metern und eine Gesamthöhe von 220 Metern (vgl. Abbildung 20) – das entspricht der Höhe eines 65-stöckigen Hochhauses!

### Abbildung 20: Vestas V164-8MW – die größte (Off-Shore-)Windanlage



Quelle: Mit freundlicher Genehmigung der MHI Vestas Offshore Wind<sup>81</sup>

Im 21. Jahrhundert werden immer neuere Materialien erfunden, die in unterschiedlichen erneuerbaren Energietechnologien zum Einsatz kommen, um die Effizienz und Widerstandskraft zu steigern und um Kosten zu reduzieren. Auch moderne Elektronik und Informationstechnologie sind essentieller Bestandteil der Entwicklung erneuerbarer Energien.

Die erste anwendbare Solarzelle wurde von den Bell Laboratories in den 1950er Jahren entwickelt, im Rahmen des «Wettlauf ins All.» Heute kommen viele Innovationen und Investitionen für erneuerbare Energien aus dem Silicon Valley. Das Raumfahrtun-

<sup>81</sup> MHI Vestas Offshore Wind (o. J.)

ternehmen SpaceX wurde vom gleichen Internet-Entrepreneur gegründet, der auch hinter SolarCity, einer der interessantesten US Solarfirmen steckt. Er hat auch Tesla gegründet, den Spitzenreiter in den Feldern Elektroautos, Batterietechnologie und Photovoltaikanlagen für die Versorgung von Privathaushalten, mit denen ein breites Publikum angesprochen werden soll. Weltweit betreiben alle großen Automobilunternehmen Forschung & Entwicklung in den Bereichen von Speicher- und Batterietechnologie sowie der Kombination mit Mobilität. Viele haben bereits mit der Herstellung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen begonnen. Diese Entwicklung hat große Synergien mit der dezentralen Stromproduktion, wie beispielsweise Aufdachanlagen, auch in Entwicklungsländern. Denn Autobatterien können dann geladen werden, wenn man viel Strom produziert, und umgekehrt den Haushalt mit Energie versorgen, wenn gerade wenig oder keine Energie gewonnen wird, und dienen bereits – oft auf Solarsystems optimiert – als Speicher in vielen Haushalten ohne Netzanschluss.

Die Integration von Gewinnung, Speicherung und Transport von Elektrizität aus erneuerbaren Quellen ist Teil dieser Veränderung, die in den Industrieländern unmittelbar bevorsteht und schon bald auch die Entwicklungsländer erreichen wird. Der Entwurf einer neuen EU-Richtlinie sieht bereits den Einbau einer Ladestation für Elektroautos in allen Neubauten in Europa vor. Und verschiedene europäische Länder arbeiten derzeit daran, die Zulassung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ab 2030 auslaufen zu lassen. Diese Entwicklung ist das Ergebnis des Drucks sowohl von VerbraucherInnen, die sauberere und grünere Produkte bevorzugen, als auch von WählerInnen und politischen EntscheidungsträgerInnen, die mit entsprechenden Signalen an die Industrie größere Entscheidungen beeinflussen. Sie

fordern ein echtes Umdenken bei den Investitionen statt «Greenwashing». Die internationale Bewegung für ein «Divestment» aus fossilen Energieunternehmen<sup>82</sup> wird von zahlreichen Institutionen unterstützt, von Pensionsfonds über lokale Gebietskörperschaften (z.B. deutsche Bundesländer), bis hin zu Stiftungen, Kirchen und Universitäten, die ihre Einlagen in andere Bereiche investieren. Dies verstärkt das Signal, das mit dem Pariser Abkommen im Rahmen der UN-Klimarahmenkonvention an die Finanzmärkte gesendet wurde. Nämlich, dass viele der bekannten Erdöl- und Kohlevorkommen vielleicht nie ausgebeutet werden und damit der tatsächliche Wert der «Erdölriesen» und Kohleunternehmen geringer ist, als die Bücher zeigen mögen, und dass ein Umlenken auf die erneuerbaren Energien nicht nur aus ethischen, sondern auch aus finanziellen Gesichtspunkten ein kluger Schritt ist.

Der Einfluss der *Divestment*-Bewegung und vergleichbarer Kräfte nimmt aktuell enorm zu. 88 global tätige Unternehmen sind bereits der Vereinigung «RE100» beigetreten und haben sich damit verpflichtet, ihren Energiebedarf zukünftig zu 100 Prozent mit Erneuerbaren zu decken.<sup>83</sup> Darunter sind einige der größten Unternehmen weltweit, von der Banken- über die Elektronik- und IT-Branche bis hin zu Lebensmittel-, Kosmetik- und Automobilherstellern. Zu den großen Namen zählen Apple, Bank of America, BMW, Coca-Cola, Commerzbank, Facebook, General Motors, GoldmanSachs, Google, Johnson+Johnson, Microsoft, Nike, Phillips, SwissRe, Tata Motors, Unilever und Walmart. Sie haben sich zu unterschiedlichen Maßnahmen verpflichtet, unter anderem zur Installation von Photovoltaikanlagen auf Firmengebäuden weltweit, was den lokalen Produktions-, Vertriebs- und Instal-



lationsbetrieben Aufwind geben und neue Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien schaffen wird (vgl. hierzu auch Infokasten 4). AktionärInnen und die Öffentlichkeit können und sollten die Einhaltung dieser Versprechungen kontrollieren.

Schließlich, wie bereits im Abschnitt zur Beschäftigung und Entwicklung personeller Kapazitäten beschrieben, sind die Perfektionierung der erneuerbaren Energietechnologien und die Tatsache, dass sich einige Patente in den Händen internationaler Unternehmen befinden, nicht zwangsläufig ein Hindernis für Entwicklungsländer und ihre

Industrien. Nicht einmal AnalphabetInnen müssen von der Energiewende ausgeschlossen sein. Vietnam beispielsweise exportiert Türme für Windturbinen, obwohl diese im Land selbst noch nicht genutzt werden und dass trotz bestehender Handelsschranken (vergl. Infokasten 9). Und das Barefoot College in Indien hat bewiesen, dass selbst Großmütter aus aller Welt, die weder schreiben noch lesen können, hochkomplexes Fachwissen erlernen können, das sie dazu befähigt, ihre eigenen Gemeinden mit modernen und erneuerbaren Energietechnologien zu versorgen (vgl. Infokasten 10).

## ERNEUERBARE ENERGIEN MÜSSEN ÜBERALL VERBREITUNG FINDEN UND ALLEN ZUGUTEKOMMEN

Eine Richtigstellung der herrschenden Mythen über erneuerbare Energien ist wichtig. Die Revolution hin zu erneuerbaren Energien ist an vielen Orten weltweit bereits in vollem Schwung, kann und muss aber noch beschleunigt werden und allen Ländern, den Armen und Benachteiligten sowie lokalen Unternehmen zugutekommen.

Die Frage, *wie und wann* wir diese Energie- wende in den Industrie- und Entwicklungsländern erreichen, ist von zentraler Bedeutung. Wir sind der Auffassung, dass eine schnelle und gerechte Umstellung durch eine Änderung der Wirtschaftspolitik und das Ergreifen konkreter Maßnahmen möglich ist. Es liegt in der Hand der Regierungen sowie der ausländischen und inländischen In- verstorInnen diese Änderung Wirklichkeit werden zu lassen, anstatt «Greenwashing» zu betreiben.

Damit die Umstellung schnell erfolgt und alle teilhaben lässt, müssen viele zusammen wirken. Dafür müssen jedoch noch Mythen und Missverständnisse ausgeräumt werden, und das tun wir in dieser Broschüre tun. Entscheidend ist dabei, dass die Öffentlichkeit Verständnis dafür entwickelt, dass fossile Energieträger endlich und teuer sind und negative Auswirkungen für Umwelt, Gesundheit, Wirtschaft und die Gesellschaft haben. Fossile Energieträger sind die Hauptverursacher des globalen Klimawandels, der die Grundfesten der menschlichen Zivilisation erschüttert und bereits Benachteiligte noch weiter gefährdet. Das Bewusstsein der Öffentlichkeit für die Vorteile und Beschränkungen erneuerbarer Energien zu schärfen ist wichtig, um sich in den jeweiligen Ländern auf politische Ziele für erneuerbare Energien zu verständigen.

Die politischen Zielsetzungen werden sich von Land zu Land unterscheiden, vermutlich aber folgende Punkte beinhalten:

- a) Der Gesamtbevölkerung und allen Unternehmen Zugang zu nachhaltiger Energieversorgung ermöglichen.<sup>84</sup>
- b) Lokale Arbeitsplätze schaffen und lokale Wertschöpfungsketten entwickeln, einschließlich Herstellung, Vertrieb, Installation, Reparatur und Wartung erneuerbarer Energietechnologien.
- c) Verschärfung der Treibhausgasreduktionsziele und Überarbeitung der national festgelegten Beiträge (*Nationally Determined Contributions*, NDCs). Diese wurden von allen Staaten im Rahmen der UN-Klimarahmenkonferenz eingereicht, verfehlen aber das übergeordnete Ziel, die durchschnittliche globale Erwärmung auf 1,5° Celsius über den Temperaturen vor der Industrialisierung zu beschränken und gefährliche Klimaveränderungen zu verhindern.
- d) Verringerung der lokalen Landschaftszerstörung und Umweltverschmutzung, der Verluste lokaler Lebensgrundlagen und der negativen, potenziell tödlichen Auswirkungen auf die Gesundheit durch den Abbau, Transport und die Nutzung fossiler Brennstoffe.
- e) Verringerung der Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern sowie von Technologien zur Energiegewinnung.

Eine Umstellung auf erneuerbare Energien erfordert konkrete Maßnahmen sowohl in den Industrie- als auch in den Entwicklungslän-

<sup>84</sup> Dies entspricht dem 7. Ziel für nachhaltige Entwicklung – Sustainable Development Knowledge Platform (2016).

dern, die sich zwar ebenfalls unterscheiden können, aber vermutlich folgende Aspekte beinhalten:

- 1) Investitionen in Projekte zur regenerativen Stromerzeugung und eine kontinuierliche Steigerung dieser Investitionen im weiteren Verlauf.
- 2) Dezentrale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ermöglichen, beispielsweise durch Aufdachanlagen an Firmengebäuden oder für Gruppen von Privathaushalten (Nachbarschaften, Dörfer) und Einzelhaushalte durch Net-Metering-Modelle.
- 3) Investitionsstopp für neue Kohle- oder Atomkraftwerke und Stilllegung alter Kraftwerke am Ende der Laufzeiten.
- 4) Umschulung der Arbeitskräfte aus der fossilen Brennstoffindustrie, einschließlich der Kohlebergleute, und nach Möglichkeit Unterbreitung von Arbeitsplatzangeboten im Bereich der Erneuerbaren (wo neue Arbeitsmöglichkeiten geschaffen werden).
- 5) Steigerung der Energieeffizienz, wofür in vielen Ländern großes Potential besteht.
- 6) Förderung unabhängiger erneuerbarer Energielösungen insbesondere in entlegenen Gebieten ohne Anschluss an das Stromnetz, einschließlich netzunabhängiger Hybridsysteme.

Diese politischen Maßnahmen werden vielen Menschen, Wirtschaften und der Umwelt zugutekommen.

## REFERENZEN

**350 (2015):** Filed under divestment, 2016, unter: <https://350.org/category/topic/divestment/>.

**Asian Development Bank:** Renewable Energy Developments and Potential in the Greater Mekong Subregion.

**Asian Development Bank (o. J.):** Powering the poor – projects to increase access to clean energy for all.

**Barefoot College (2016 A):** Solutions, unter: <https://www.barefootcollege.org/solution/solar/#stats>.

**Barefoot College 2016 B,** unter: <https://www.barefootcollege.org/>.

**Bundesamt für Naturschutz (o. J.):** Minimierung der Belastungen durch Offshore-Windparks, unter: <https://www.bfn.de/22515.html>.

**Blei, B. (2016):** Fukushima auch nach fünf Jahren schwer verseucht, unter: <http://derstandard.at/2000032611014/Fukushima-auch-nach-fuenf-Jahren-schwer-verseucht>.

**Bloomberg (2011):** China, Vietnam wind-tower makers draw US competition, unter: <http://www.eco-business.com/news/china-vietnam-wind-tower-makers-draw-us-petition/>.

**Bloomberg (2016):** Investors bet coal has a future as backup to renewable energy, unter: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-06-02/investors-bet-coal-has-a-future-as-backup-to-renewable-energy>.

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015):** Erneuerbare Energien in Zahlen, unter: [http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen-2015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=4).

**Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2015):** Climatescope 2015, unter: <http://global-climatescope.org/en/>.

**Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2013):** Renewable energy now cheaper than new fossil fuels in Australia, unter: <https://about.bnef.com/press-releases/renewable-energy-now-cheaper-than-new-fossil-fuels-in-australia/>.

**Bundesnetzagentur (BnetzA) (2015):** Versorgungsqualität – SAIDI-Werte 2006-2015. Bundesnetzagentur unter: [http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Stromnetze/Versorgungsqualitaet/Versorgungsqualitaet-node.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Stromnetze/Versorgungsqualitaet/Versorgungsqualitaet-node.html).

**Buysman, E./Mol, A. (2013):** Market-based biogas sector development in least developed countries – The case of Cambodia, in: Energy Policy 63/2013, S. 44–51.

**Bundesverband WindEnergie e. V. (BWE) (2012):** The full costs of power generation, unter: <http://www.foes.de/pdf/2013-03-full-costs-of-power-generation.pdf>.

**Carbon Counter (2012):** Why renewables need gas back up, unter: <https://carbon-counter.wordpress.com/2012/12/08/212/>.

**Carbon Brief (2015):** New nuclear: Finland's cautionary tale for the UK, unter: <https://www.carbonbrief.org/new-nuclear-finlands-cautionary-tale-for-the-uk>.

**Climate Council of Australia (2016):** Renewable energy jobs: future growth in Australia, unter: <https://www.climatecouncil.org.au>.

**Climate Vulnerable Forum Vision (CVF) (2016):** Climate Vulnerable Forum Vision (CVF2016/1), unter: <http://www.thecvf.org/wp-content/uploads/2016/11/CVF-Vision-For-Adoption.pdf>.

**Dawe, A. et. al. (2016):** Nuclear scars: The Lasting Legacies of Chernobyl and Fukushima, unter: [http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/nuclear/2016/Nuclear\\_Scars.pdf](http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/nuclear/2016/Nuclear_Scars.pdf).

**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2016):** Up-Scaling of Wind Power in Viet Nam – Capacity Needs Assessment for Wind Power.

**Dolezal, A./Majano, A. M./Ochs, A./Palencia, R. (2013):** The Way Forward for Renewable Energy in Central America Status Assessment – Best Practices – Gap Analysis. Worldwatch Institute.

**Ecoldeaz (o. J.):** Inspiring self- powered village – Odanthurai, unter: <http://www.ecoideaz.com/innovative-green-ideas/inspiring-self-powered-village-odanthurai>.

**Energy Information Administration (EIA) (2015):** Nuclear Power and the Environment, unter: [http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm/data/index.cfm?page=nuclear\\_environment](http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm/data/index.cfm?page=nuclear_environment).

**Energy Information Administration (EIA) (2016):** Electricity and the Environment, unter: [http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm/data/index.cfm?page=electricity\\_environment](http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm/data/index.cfm?page=electricity_environment).

**Energie Baden-Württemberg AG (ENBW) (o. J.):** Solarenergie: Nachhaltige Chancen für Ihre Gemeinde, unter: <https://www.enbw.com/geschaeftskunden/kommunen/themen-und-trends/erneuerbare-energien/solarenergie/rendite.html>.

**Energypedia (o. J.):** Greece Energy Situation, unter: [https://energypedia.info/wiki/Greece\\_Energy\\_Situation](https://energypedia.info/wiki/Greece_Energy_Situation).

**Environment Canada (2012):** Assessment of the Environmental Performance of Solar Photovoltaic Technologies, unter: [https://www.ec.gc.ca/scitech/B53B14DE-034C-457B-8B2B-39AFCFED04E6/ForContractor\\_721\\_Solar\\_Photovoltaic\\_Technology\\_e\\_09%20FINAL-update%202-s.pdf](https://www.ec.gc.ca/scitech/B53B14DE-034C-457B-8B2B-39AFCFED04E6/ForContractor_721_Solar_Photovoltaic_Technology_e_09%20FINAL-update%202-s.pdf).

**Environmental Protection Agency (EPA) (2016):** Learn About Carbon Pollution From Power Plants, unter: <https://www.epa.gov/cleanpowerplan/learn-about-carbon-pollution-power-plants>.

**Fendt, L. (2016):** Costa Rica moves forward on distributed generation with net metering to start in April, unter: <http://www.ticotimes.net/2016/03/23/costa-rica-solar-takes-big-step-forward>.

**Fitzgerald, S. (2016):** Europe Most Progressive in Wind Power, unter: <http://www.nextpowerup.com/news/11938/europe-most-progressive-in-wind-power/>.

- Fossil Free (o. J.)**, unter <http://gofossilfree.org/>.
- Fukushima on the Globe (o. J.):** Situation of the Evacuees, unter: <http://fukushimaon-the-globe.com/the-earthquake-and-the-nuclear-accident/situation-of-the-evacuees>.
- Gayle, D. (2012):** Is this the most polluted place on Earth? The Russian lake where an hour on the beach would kill you, unter: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2215023/Is-polluted-place-Earth-The-Russian-lake-hour-beach-kill-you.html>.
- Global Subsidies Initiative (GSI) (2015):** Subsidies to Coal and Renewable Energy in Turkey, unter: [http://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/ffsandrens\\_turkey\\_coal\\_eng.pdf](http://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/ffsandrens_turkey_coal_eng.pdf).
- Hirsch, T. (2007):** Project aims to extract dam methane. BBC News, May 2007, unter: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/6638705.stm>.
- Hoogwijk, M./Graus, W. (2008):** Global potential of renewable energy sources: a literature assessment. Ecofys for REN21 – Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- International Energy Agency (IEA) (2013):** Southeast Asia Energy Outlook, September 2013, unter: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/SoutheastAsiaEnergyOutlook\\_WEO2013SpecialReport.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/SoutheastAsiaEnergyOutlook_WEO2013SpecialReport.pdf).
- International Energy Agency (IEA) (2015):** Medium-term renewable energy market report 2015, unter: <http://www.iea.org/publications/medium-termreports/>.
- International Energy Agency (IEA) (2016):** Renewable Energy Medium-Term Market Report 2016 – Market Analysis and Forecasts to 2021, unter: <http://www.iea.org/Textbase/npsum/MTrenew2016sum.pdf>.
- Intelligent Energy Systems (IES)/Mekong Economics (MKE) (2016):** Alternatives for power generation in the Greater Mekong Sub-region. Volume 6: Socialist Republic of Viet Nam Power Sector Scenarios. Report by IES & MKE for WWF.
- International Rivers (o. J.):** Reservoir Emissions, unter: <https://www.internationalrivers.org/campaigns/reservoir-emissions>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012):** Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Special Report of the IPCC.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2016):** Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2016, Masdar City, Abu Dhabi, Vereinigte Arabischen Emirate, unter: [www.irena.org](http://www.irena.org).
- Kenik, I. (1995):** Belarus: a small country faces 70 percent of the fallout, unter: <http://chernobyl.undp.org/spanish/otherdoc/fallout.htm>.
- Knight, O. (2015):** Updating the renewable energy lexicon, unter: <http://blogs.worldbank.org/energy/updating-renewable-energy-lexicon>.
- Knight, S. (2016):** Germany plans joint wind and solar auctions, unter: <http://www.wind-powermonthly.com/article/1407677/germany-plans-joint-wind-solar-auctions>.

**Koplitz, Shannon N./Jacob, Daniel J./Myllyvirta, Lauri/Sulprizio, Melissa P./Reid, Colleen (2015):** Burden of disease from rising coal emissions in Southeast Asia: Preliminary Findings, Harvard University und Greenpeace International.

**Macalister, T. (2016):** Estimated cost of Hinkley Point C nuclear plant rises to £37bn, unter: <https://www.theguardian.com/uk-news/2016/jul/07/hinkley-point-c-nuclear-plant-costs-up-to-37bn>.

**Martinot, E. (2015):** How is Germany integrating and balancing renewable energy today?, unter: <http://energytransition.de/2015/02/how-germany-integrates-renewable-energy/>.

**MHI VESTAS Offshore Wind (o. J.),** unter: <http://www.mhivestasoffshore.com/>.

**Mysiakowski, M. (o. J.):** Smart Grid, unter: [http://www.i15.p.lodz.pl/strony/EIC/ec/smart\\_grid.html](http://www.i15.p.lodz.pl/strony/EIC/ec/smart_grid.html).

**Ministry for the Environment New Zealand (2014):** Why good air quality is important, unter: <http://www.mfe.govt.nz/more/environmental-reporting/air/air-domain-report-2014/why-good-air-quality-important>.

**Observatory of Renewable Energy in Latin America and the Caribbean (OLADE) (2011):** Costa Rica. Final Report. Product 1: renewable technological baseline; product 2: state of art.

**Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (2016):** Renewables 2016 Global Status Report, REN21 Secretariat, Paris, unter: <http://www.ren21.net>.

**RE100 (o. J.):** Companies, unter: <http://there100.org/companies>.

**Sciencealert (2016):** Costa Rica has been running on 100% renewable energy for 2 months straight, unter: <http://www.sciencealert.com/costa-rica-has-been-running-on-100-renewable-energy-for-2-months-straight>.

**Shell/Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu)/Internationale Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) (2012):** Biofuels – what role in the future energy mix? facts, trends and perspectives, unter: [http://www.iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/bio/IINAS\\_IFEU\\_2012\\_Shell\\_Biokraftstoffstudie.pdf](http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/bio/IINAS_IFEU_2012_Shell_Biokraftstoffstudie.pdf).

**Scherer L./Pfister, S. (2016):** Hydropower's Biogenic Carbon Footprint. PLoS ONE 11(9): e0161947. doi:10.1371/journal.pone.0161947.

**Schneider M./Froggatt A./Thomas, S. (2011):** Nuclear power in a Post-Fukushima World; 25 Years After The Chernobyl Accident, unter: [http://www.worldwatch.org/system/files/pdf/WorldNuclearIndustryStatusReport2011\\_%20FINAL.pdf](http://www.worldwatch.org/system/files/pdf/WorldNuclearIndustryStatusReport2011_%20FINAL.pdf).

**Singer, S. (2015):** With 9.2 million employed by renewable energy, is jobs myth finally bust?, unter: <http://climate-energy.blogs.panda.org/2015/05/25/with-9-2-million-employed-by-renewable-energy-is-the-jobs-myth-finally-bust/>.

**SNV Netherlands Development Organisation (2016 A):** Biogas, unter: <http://www.snv.org/sector/energy/topic/biogas>.

**SNV Netherlands Development Organisation (2016 B):** Nothing but The Gold Standard for Cambodia's National Biodigester Programme, unter: <http://www.snv.org/update/nothing-gold-standard-cambodias-national-biodigester-programme>.

**Solar Power Europe (2016):** Solar Market Report & Membership Directory 2016 Edition, unter: [http://www.solarpowereurope.org/file-admin/user\\_upload/documents/2015\\_Market\\_Report/SPE16\\_Members\\_Directory\\_high\\_res.pdf](http://www.solarpowereurope.org/file-admin/user_upload/documents/2015_Market_Report/SPE16_Members_Directory_high_res.pdf).

**Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC) (2014):** A project of the Silicon Valley toxics coalition, 2014 Solar Scorecard, unter: <http://www.solarscorecard.com/2014/2014-SVTC-Solar-Scorecard.pdf>.

Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC) (o. J.): SVTC's Vision, unter: <http://www.solarscorecard.com/2014/index.php>.

**Solar Trade Association (2015):** Comparing the cost of electricity generation from Hinkley Point C with solar and flexibility mechanisms, unter: <http://www.solar-trade.org.uk/wp-content/uploads/2015/10/Comparing-the-cost-of-electricity-generation-from-Hinkley-Point-C-with-solar-and-flexibility-mechanisms.pdf>.

**Starr, S. (2016):** Costs and Consequences of the Fukushima Daiichi Disaster, unter: <http://www.psr.org/environment-and-health/environmental-health-policy-institute/responses/costs-and-consequences-of-fukushima.html>.

**Sustainable Development Knowledge Platform (2016):** Progress of Goal 7, unter: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg7>.

**Taylor, S. (2016):** Hinkley Point is a costly mistake, but only France can pull the plug, unter: <https://www.theguardian.com/commentis-free/2016/mar/14/hinkley-point-costly-mistake-france-britain-edf>.

**The Ecologist (2015):** Finland cancels Oluoto 4 nuclear reactor – is the EPR finished?, unter: [http://www.theecologist.org/News/news\\_analysis/2859924/finland\\_cancels\\_olkuiluoto\\_4\\_nuclear\\_reactor\\_is\\_the\\_epr\\_finished.html](http://www.theecologist.org/News/news_analysis/2859924/finland_cancels_olkuiluoto_4_nuclear_reactor_is_the_epr_finished.html).

**The Guardian (2016):** Nuclear power plant accidents: listed and ranked since 1952, unter: <https://www.theguardian.com/news/datablog/2011/mar/14/nuclear-power-plant-accidents-list-rank>.

**Top Documentary Films (2012):** Solar Mamas, unter: <http://topdocumentaryfilms.com/solar-mamas/>.

**Turconi, R./Boldrin, A./Astrup, T. (2013):** Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations. *Renew Sustain Energy Rev.* 2013/28, S. 555–565, doi: 10.1016/j.rser.2013.08.013.

**Tsagas, Ilias (2016):** Solar PV Provides 7.8 Percent of Italy's Electricity in 2015, unter: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/02/solar-pv-provides-7-8-percent-of-italy-s-electricity-in-2015.html>.

**Union of Concerned Scientists (o. J.):** A Brief History of Nuclear Accidents Worldwide, unter: <http://www.ucsusa.org/nuclear-power/nuclear-power-accidents/history-nuclear-accidents>.

**US International Trade Commission (2013):** Utility Scale Wind Towers from China and Vietnam. Investigation Nos. 701-TA-486 und 731-TA-1195-1196 (Final), Publication 4372, Februar 2013. Washington, DC 20436.



**Vattenfall (2015):** Facts about wind power, unter: [https://corporate.vattenfall.com/about-en/renewable-energy-sources/wind\\_power/](https://corporate.vattenfall.com/about-en/renewable-energy-sources/wind_power/).

**VGB Powertech (2016):** Levelised cost of electricity, unter: <https://www.vgb.org/en/lcoe2015.html?dfid=74042>.

**Vietnam Breaking News (2016):** US rescinds administrative review on VN wind towers, unter: <https://www.vietnambreakingnews.com/2016/10/us-rescinds-administrative-review-on-vn-wind-towers/>.

**Warren Cornwall (2016):** Hundreds of new dams could mean trouble for our climate, Science, unter: <http://www.sciencemag.org/news/2016/09/hundreds-new-dams-could-mean-trouble-our-climate>.

**World Bank (2015):** Updating the renewable energy lexicon, unter: <http://blogs.worldbank.org/energy/updates-renewable-energy-lexicon>.

**World Energy Council (2013):** World Energy Resources 2013 Survey

**World Energy Outlook (2015):** Fossil Fuel Database, unter: <http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energysubsidies/fossilfuelsubsidydatabase/>.

**World Health Organisation (WHO) (1995):** International Programme on the Health Effects of the Chernobyl Accident. Health consequences of the Chernobyl Accident, unter: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/177492/1/WHA48\\_12\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/177492/1/WHA48_12_eng.pdf).

**World Nuclear Association (WNA) (2016 A):** Radioactive Waste Management, unter: <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx#References>.

**World Nuclear Association (WNA) (2016 B):** What are nuclear wastes and how are they managed?, unter: <http://www.world-nuclear.org/nuclear-basics/what-are-nuclear-wastes.aspx>.

**World Nuclear Association (WNA) (2016 C):** Chernobyl Accident 1986, unter: <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx>.

**World Nuclear Association (WNA) (2016 D):** Nuclear Power in Japan, unter: <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power.aspx>.

**World Nuclear Association (WNA) (2016 E):** The economics of Nuclear Power, unter: <http://www.world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power.aspx>.

**World Nuclear News (2011 A):** Siemens quits the nuclear game, unter: [http://www.world-nuclear-news.org/C\\_Siemens\\_quits\\_the\\_nuclear\\_game\\_1909111.html](http://www.world-nuclear-news.org/C_Siemens_quits_the_nuclear_game_1909111.html).

**World Nuclear News (2011 B):** Olkiluoto 3 begins instrumentation and control tests, unter: <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Olkiluoto-3-begins-instrumentation-and-control-tests-1401164.html>.

**World Trade Organisation (WTO) (2016):** United States – Countervailing duty measure on certain products from China, unter: [https://www.wto.org/english/tratop\\_e/dispu\\_e/cases\\_e/ds437\\_e.htm](https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds437_e.htm).

**YouTube (2011):** Bunker Roy: Learning from a barefoot movement, unter: <https://www.youtube.com/watch?v=6qqqVwM6bMM>.

## **Impressum**

Wird herausgegeben von der Rosa-Luxemburg-Stiftung

V. i. S. d. P.: Nadja Charaby und Liliane Danso-Dahmen

AutorInnen: arepo consult, GreenID, Koos Neefjes

Franz-Mehring-Platz 1 · 10243 Berlin · [www.rosalux.de](http://www.rosalux.de)

ISSN 2199-7713 · Redaktionsschluss: Dezember 2016

Foto: Abgeänderte Version von David Tong, genutzt unter der Lizenz CC BY-NC 2.0, angepasst an das Design von MediaService GmbH Druck und Kommunikation.

(<https://www.flickr.com/photos/davidxvx/30990865466/in/album-72157677084769696>)

Lektorat: Nadja Charaby und Dr. Christine Wörten

Layout/Herstellung: MediaService GmbH Druck und Kommunikation



