

hintergrund

# Grundlagen und Konzepte einer Energiewende 2050

# Inhalt

<b>Kurzfassung</b>	<b>3</b>		
<b>1 Probleme der aktuellen Energieversorgung: mangelnde ökologische und ökonomische Tragfähigkeit</b>	<b>5</b>		
<b>2 Energieziele, Klimaziele, Atomausstieg und ihre Abstimmung mit weiteren ökologischen und sozialen Zielen</b>	<b>7</b>		
<b>3 Strategien: Die Energie- und Klimawende erfordert Technik und Verhaltensänderungen (Suffizienz) – und den Verzicht auf technologische Irrwege</b>	<b>9</b>		
<b>4 Ein Energieszenario für Deutschland: Methode, Grundannahmen und Grenzen</b>	<b>11</b>		
4.1 Warum ein Szenario? Die postfossile Energiezukunft greifbar machen	11		
4.2 Methode: Das Programm 100prosim	12		
4.3 Grundannahmen in unserem Szenario: Flächendaten und Nutzungskonkurrenzen	13		
4.4 Grenzen unseres Szenarios: Wirtschaftswachstum, Verlagerungseffekte, Landnutzung und stofflicher Einsatz fossiler Brennstoffe	15		
<b>5 Vollständige technische Umstellung auf erneuerbare Energien für Strom, Wärme, Treibstoff</b>	<b>17</b>		
5.1 Windenergie	18		
5.2 Solarenergie	19		
5.2.1 Photovoltaik	19		
5.2.2 Solarthermie	20		
5.3 Biomasse	20		
5.4 Wasserkraft	22		
5.5 Umgebungswärme und Tiefen-Geothermie	22		
5.6 Versorgungssicherheit durch Stromleitungs- und Stromspeicherbau	24		
		5.7 Weitere Hinweise zu bisherigen stofflichen Nutzungen fossiler Brennstoffe sowie zu anderen Treibhausgasen als Kohlendioxid	26
		<b>6 Senkung des Energiebedarfs: Effizienz und Suffizienz</b>	<b>27</b>
		<b>7 Notwendigkeit weiterer Anstrengungen aufgrund von Energieimporten und Landnutzungsemissionen</b>	<b>31</b>
		<b>8 Energiewende und Wirtschaftswachstum</b>	<b>32</b>
		<b>9 Bedingungen gesellschaftlichen Wandels: Wechselspiel der AkteurlInnen</b>	<b>33</b>
		<b>10 Politische Maßnahmen für eine wirksame Energiewende</b>	<b>34</b>
		10.1 Politisch-rechtliche Maßnahmen der Landespolitik	34
		10.1.1 Zusammenhang zur transnationalen Ebene und warum sich Deutschland nicht dahinter verstecken sollte: Ausstiegsregelungen für die fossilen Brennstoffe	34
		10.1.2 Weitere wesentliche Maßnahmen für die Bundespolitik	37
		10.2 Politisch-rechtliche Maßnahmen der Landepolitik	41
		10.3 Kommunale Handlungsoptionen	42
		10.4 Handlungsoptionen der Einzelnen	43
		10.5 Die Rolle der Unternehmen	44
		<b>Literatur</b>	<b>45</b>
		<b>Anhang</b>	<b>47</b>
		<b>Fußnoten</b>	<b>49</b>

# Kurzfassung

Der Klimawandel ist in erster Linie eine Folge des Einsatzes fossiler Brennstoffe (die außerdem endlich sind, momentan allerdings noch allzu reichlich sprudeln) und droht im 21. Jahrhundert drastische und existenzielle Folgen auszulösen. Dazu gehören eine prekär werdende Nahrungs- und Wasserversorgung, als Folge dessen Millionen Tote durch mangelnde Versorgung sowie durch Kriege und Bürgerkriege um schwindende Ressourcen, Migrationsströme, massive Naturkatastrophen explodierende Öl- und Gaspreise, Abhängigkeiten von zweifelhaften Staaten – und nicht zuletzt ökonomische Schäden in der vielfachen Höhe dessen, was ein wirksamer Klimaschutz kosten würde (siehe etwa Stern 2009). Deutschland und die EU sind von den Pro-Kopf-Emissionen bei einem Vielfachen eines dauerhaft und weltweit verträglichen Emissionsniveaus, und die Emissionen haben seit 1990 – wenn man Rechenfehler beseitigt – keineswegs nennenswert abgenommen. Deutschland ist also nicht der vermeintliche „Klimavorreiter“. Die bisherige Politik scheitert an mangelnder Ambitioniertheit, mangelnder Umsetzung, aber auch daran, dass unser Wohlstand weiter zunimmt – und dass wir Probleme schlicht ins Ausland verlagern. Hinzu kommt, dass die Politik in Deutschland und Europa weiter auf Energieträger setzt, die mit einem modernen Energiesystem unvereinbar sind, speziell auf die Kohle (oder noch eine Zeitlang auf die Atomenergie).

Der BUND fordert seit längerem eine Reduktion von Treibhausgasemissionen um 95% gegenüber 1990 bis zum Jahr 2050 in Deutschland. Vorliegend wird ein Konzept entwickelt, wie das erreicht werden könnte. Und zwar nicht nur beim Strom, auf den in Deutschland alle schauen, der aber nur rund ein Viertel der Emissionen ausmacht, sondern auch in den Bereichen Wärme, Treibstoff und stoffliche Nutzungen (wie Mineraldünger und Kunststoffen). Konzipiert wird ein vollständiger Übergang von fossilen zu – weitgehend treibhausgasfreien – erneuerbaren Energien sowie zu einer um den Faktor fünf erhöhten Energieeffizienz und eine entsprechend niedrigere Energienachfrage. Voraussetzungen erfordert eine erfolgreiche Energie- und Klimawende neben diesen besseren Technologien aber auch Verhaltensänderungen, insbesondere das häufigere Unterlassen

oder Einschränken bestimmter Aktivitäten wie z.B. des Fliegens oder des Fleischkonsums, also Suffizienz. Dies gilt erst recht dann, wenn man einen Faktor 5 bei der Energieeffizienz nicht durchgängig für erreichbar hält. Da Suffizienz anders als bessere Technik kaum ein verkäufliches Gut darstellt, stellt eine wirksame Klimapolitik nicht kurzfristig, aber langfristig auch die Wachstumsgesellschaft in Frage.

Bei den erneuerbaren Energien wird ein möglicher Ausbau – nicht nur für den Stromsektor – aufgezeigt, der einerseits technisch machbar ist und andererseits Zielkonflikte etwa mit dem Naturschutz oder der Nahrungsmittelversorgung weitgehend vermeidet. Bei den regenerativen Energiequellen bietet die Windenergie die besten Möglichkeiten für einen zielkonfliktarmen, breit angelegten und kostengünstigen Ausbau und sollte deshalb im Stromsektor eine zentrale Rolle spielen. Im Wärmesektor bietet Solarthermie die Möglichkeit, Dachflächen und Fassaden – also bereits versiegelte Flächen – zu nutzen ohne zusätzliche Zielkonflikte hervorzurufen. Durch Photovoltaik auf Konversionsflächen werden minderwertige Flächen für die Energiegewinnung nutzbar gemacht. Biomasse ist ein entscheidender Energieträger zur Produktion von Prozesswärme und als Energieträger, der speicherbar und damit zeitlich flexibel einsetzbar ist. Wegen vieler Probleme in der ökologischen Bilanz und der Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung begrenzen wir ihre Nutzung allerdings. Aus naturschutzfachlichen Gründen sehen wir keinen weiteren Wasserkraftausbau vor. Im Bereich der Geothermie ist bislang lediglich die oberflächennahe Geothermie durch Wärmepumpen wissenschaftlich so weit entwickelt, dass sie nutzbar ist. Nach entsprechender Prüfung könnte sich auch die Tiefengeothermie als attraktiv erweisen. Um Schwankungen bei anderen Energiequellen auszugleichen, wird mit der Methode „Power to Gas“ ungenutzte Wind- und Solarenergie in Kraftstoff umgewandelt, der bei Bedarf wiederum verstromt genutzt werden kann.

Bisher scheitert ernsthafter Klimaschutz bei PolitikerInnen, Unternehmen und uns allen nicht allein an mangelndem Wissen oder zu großem Eigennutzenstreben, sondern primär daran, dass wir kollektiv in den Normalitäten einer emissionsintensiven Welt gefangen sind. Eine Wende hin zu mehr

Klimaschutz benötigt ein Wechselspiel von besseren politisch-rechtlichen Vorgaben und einem Prozess des gesellschaftlichen – nicht nur verbalen – Wandels. Von der Politik fordern wir eine Reihe näher dargelegter Maßnahmen, u.a. die konsequente schrittweise Verteuerung der fossilen Brennstoffe quer durch alle Lebensbereiche (am besten auf EU-Ebene), den sofortigen Atomausstieg, einen mittelfristigen Kohleausstieg, optimierte und Umweltschäden vermeidende Erneuerbare-Energien-Ausbaubedingungen, ein neues Strommarktdesign und eine Reihe weiterer wesentlicher Maßnahmen. Der/die Einzelne sowie Unternehmen haben ebenfalls erhebliche individuelle Handlungsmöglichkeiten.

# 1 Probleme der aktuellen Energieversorgung: mangelnde ökologische und ökonomische Tragfähigkeit

Das Energie- und Klimathema markiert eine der größten Herausforderungen moderner, wachstumsorientierter Gesellschaften im Bemühen um Nachhaltigkeit. „Nachhaltigkeit“ lässt sich als das Streben nach einer dauerhaft und auch bei globaler Nachahmung noch durchhaltbaren Lebens- und Wirtschaftsweise definieren. Die Diskussion um Nachhaltigkeit kreist häufig um Fragen von Ressourcenknappheit kombiniert mit den schädlichen Nebenfolgen der Verwendung einer knappen Ressource.

Das Energie- und Klimathema ist ein zentrales Beispiel für diese Kombination von – grundsätzlicher – Knappheit und Nebenfolgen und damit eine der größten, existenziellen ökologischen und ökonomischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Das Knappheitsproblem besteht darin, dass die moderne Lebens- und Wirtschaftsweise zentral von fossilen Brennstoffen abhängt. Öl, Gas und Kohle (und auch Uran) sind jedoch endlich, auch wenn wir sie bisher zwingend für – in etwa gleichen Teilen – Strom, Wärme, Treibstoff und stoffliche Nutzungen wie Mineraldünger und Kunststoffe brauchen. Gleichzeitig löst die Nutzung der fossilen Brennstoffe – und dies ist auf absehbare Zeit das eigentliche und zentrale Problem – die schädliche Nebenfolge menschengemachter Klimaveränderungen aus. Neben der Nutzung der fossilen Brennstoffe ergeben sich insbesondere aus dem Bereich Landnutzung Treibhausgasemissionen. Das Klimaproblem steht aktuell gegenüber dem Endlichkeitsproblem bei weitem im Vordergrund. Denn aktuell werden immer neue Vorkommen fossiler Brennstoffe erschlossen, so dass zeitweise sogar deren Preise sinken (auch wenn solche kurzfristigen Entwicklungen die langfristige Endlichkeit nicht adäquat abbilden).

Das vorliegende Papier zeigt auf, wie die Ziele von Klimaschutz, Atomausstieg und Ressourcenschonung mit einem Szenario, das auf eine effiziente Energieversorgung aus 100% auf erneuerbaren Energien aufbaut, verbunden mit der Minimierung der Flächennutzung sowie angepassten Auswirkungen auf den Natur- und Umweltschutz realisiert werden kann. Dazu gehört auch die Frage nach den politisch-rechtlichen Instrumenten und den Akteuren. Dabei werden alle Einsatzbereiche von Energie betrachtet. Das Konzept denkt also etwa auch die Bereiche Landwirt-

schaft und Verkehr mit; es ersetzt aber kein umfassendes Landwirtschafts- oder Verkehrskonzept, das beispielsweise die vielen anderen Umweltprobleme jener Sektoren jenseits der Klimafrage ausführlich berücksichtigen müsste.

Obwohl die Energiewende zu viel medialer und politischer Aufmerksamkeit führt, ist bislang kein konsequenter Weg in Richtung Nachhaltigkeit eingeschlagen worden. Die aktuelle Energieversorgung muss grundlegend verändert werden. Insbesondere ist festzuhalten:

1. Der Klimawandel als Folge des Einsatzes fossiler Brennstoffe droht im 21. Jahrhundert drastische und existenzielle Folgen auszulösen wie eine prekär werdende Nahrungs- und Wasserversorgung, als Folge dessen massives menschliches Elend durch mangelnde Versorgung sowie durch Kriege und Bürgerkriege um schwindende Ressourcen, Migrationsströme, massive Naturkatastrophen langfristig (nicht kurzfristig!) deutlich steigende Öl- und Gaspreise – und nicht zuletzt ökonomische Schäden in der vielfachen Höhe dessen, was ein wirksamer Klimaschutz kosten würde. Diese Entwicklung abzuwenden, ist das zentrale Anliegen dieses Energie- und Klimakonzepts.
2. Daneben besteht wie gesagt das Problem der Ressourcenendlichkeit: Jedenfalls Erdöl und -gas (und Uran) werden in absehbarer Zeit nicht mehr verfügbar sein. Die zunehmende Ressourcenknappheit, insbesondere fossiler Energiequellen führt auch zu einer Nutzungskonkurrenz. Insbesondere Erdöl wird auch für diverse stoffliche Verfahren genutzt, z.B. zur Herstellung von Kunststoffen und Düngemitteln. Auch langfristig steigende Öl- und Gaspreise sind bei einer immer weiter zunehmenden Knappheit der Ressourcen abzusehen – wiederum mit unkalkulierbaren Folgen wie Kriegen um die schwindenden Ressourcen und gewaltigen Naturzerstörungen, bei dem Versuch, auch den letzten Rest der Ressourcen nutzbar zu machen. Kurzfristig sind diese Effekte noch wenig spürbar, zeitweise gibt es sogar sinkende Preise aufgrund neu erschlossener Quellen (oft verbunden mit sehr kritisch zu sehenden Gewinnungsmethoden wie Fracking).

3. Neben Treibhausgasemissionen gibt es bei der Energiegewinnung mit fossilen Brennstoffen weitere schädliche Nebenwirkungen. So entstehen belastender Feinstaub und weitere diffuse Emissionen, die Gesundheit, Böden und Gewässer belasten – etwa Quecksilber in Flüssen aufgrund von Kohlekraftwerken sowie Waldschäden. Auch der Wasserverbrauch fossiler Kraftwerke ist immens. Auch die Braunkohle mit ihren besonders naturzerstörenden und zudem oft menschliche Siedlungen zerstörenden Abbauförmern spielt bisher im Stromsektor eine zentrale Rolle. Auch Havarien auf Ölplattformen oder Waldschäden durch Verbrennungsprozesse von Öl, Kohle und Gas sind zu nennen. Die fossilen Energien sind dabei nicht einmal volkswirtschaftlich eine sinnvolle Option, wenn man ihre gesamten Kosten wie Klimaschäden, Landschaftszerstörung, Beeinträchtigung des Grundwassers (gerade bei der Braunkohle) u.a.m. einbezieht. Diese Kosten werden bisher zu großen Teilen von der Gesellschaft statt von den Unternehmen getragen.<sup>1</sup>
  4. Atomkraft ist äußerst anfällig für Störungen. Sowohl Fehler im Betriebsablauf als auch externe Faktoren wie Anschläge, Naturereignisse, etc. können fatale Folgen haben und gefährden Menschen und Natur gleichermaßen. Dabei ist auch Uran eine endliche Ressource, die nach Deutschland importiert wird. Mit ihrem Abbau und Transport ist Atomenergie auch nicht zwangsläufig, wie weithin angenommen, frei von Treibhausgasemissionen. Zudem existiert absehbar keinerlei Möglichkeit, den Atommüll angemessen zu lagern (und die Endlagerung erzeugt absehbar massive Kosten).
  5. Bei der heutigen Energieversorgung sind wir abhängig von Energieimporten aus aller Welt. Dies bezieht sich einerseits auf den Import von Rohstoffen, wie Steinkohle, Uran, Erdöl und -gas, aber auch auf räumlichen Verlagerungseffekten, also den Import von im Ausland unter Energieaufwand hergestellten Gütern.
  6. Unsere Energieversorgung ist in zweifacher Hinsicht zentralisiert. Zum einen liegt die Energieproduktion in der Hand weniger mächtiger Konzerne, zum anderen wird ein Großteil unseres Stroms in zentralisierten Großkraftwerken gewonnen. Es ist mindestens offen, ob ein zentralisiertes Energiekonzept nicht schon aus demokratischen Gründen zugunsten einer stärker dezentralen Struktur überdacht werden müsste.
  7. Bei der Energieerzeugung und -verteilung in Deutschland gibt es ferner ein Demokratiedefizit: BürgerInnen haben nur wenig Einfluss auf die Art und Weise, wie ihre Energieversorgung sichergestellt wird. Energiepolitik geschieht zumeist hinter geschlossenen Türen und aufgrund intransparenter Strukturen zwischen Energiewirtschaft und PolitikerInnen. Den Preis dafür zahlen VerbraucherInnen.
- Aus diesen Gründen brauchen wir eine Energie- und Klimawende – zunächst in den Industriestaaten, nach einem gewissen Aufholprozess in den Schwellenländern aber auch weltweit – in mehrfacher Hinsicht: Mit einer Energiewende – wohlgernekt nicht nur beim Strom – geht es um einen Umstieg von fossilen Brennstoffen Öl, Gas und Kohle (sowie Uran) auf erneuerbare Energien. Es geht allerdings auch darum, Energie effizienter einzusetzen. Und teilweise (dazu unten) geht es auch um Verhaltensänderungen. Deutschland muss in diesem Rahmen seinen Beitrag zur Energie- und Klimawende leisten. Auch und gerade hier bei uns müssen die Treibhausgasemissionen entsprechend reduziert werden (zur Rolle verschiedener Länder für die Klimagerechtigkeit siehe auch BUND 2015b). Die Bundesrepublik muss dazu insbesondere aus der zerstörerischen Braunkohleverstromung aussteigen, einen Weg zur Versorgung mit erneuerbaren Energien für Strom und Wärme finden, eine Verkehrsstrategie erarbeiten, mit deren Hilfe sich Verkehr auch in Zukunft unabhängig von fossilen Energieträgern organisieren lässt und die Landwirtschaft nachhaltig reformieren.

## 2 Energieziele, Klimaziele, Atomausstieg und ihre Abstimmung mit weiteren ökologischen und sozialen Zielen

Um die beschriebenen dramatischen Folgen möglichst weitgehend zu vermeiden, werden von EU und Bundesregierung Ziele wie bis zu 95 % Treibhausgasemissionsreduktion bis 2050, meist gemessen am internationalen Basisjahr 1990, avisiert. Das bedeutet de facto einen Ausstieg aus den fossilen Brennstoffen, da in der Landnutzung, selbst wenn diese ohne fossil basierten Dünger betrieben würde, zumindest einige Emissionen stets verbleiben. Es geht also zugleich um ein Ziel von 100 % erneuerbaren Energien bei Strom, Wärme und Mobilität – und um einen vollständigen Ausstieg aus den fossilen Brennstoffen auch bei den bisherigen stofflichen Nutzungen in Bereichen wie Dünger und Kunststoffe. Wir fordern ebenfalls eine Reduktion von Treibhausgasemissionen um 95 % gegenüber 1990 bis zum Jahr 2050 in Deutschland (siehe schon BUND 2009a; jetzt auch die BUNDposition zur Klimagerechtigkeit im zukünftigen internationalen Klimaschutz: BUND 2015b). Die Basis ist das Ziel, die globale Erwärmung, gemessen am industriellen Temperaturniveau, möglichst auf 1,5 Grad Celsius zu beschränken, da nur so die in Abschnitt 1 beschriebenen drastischen Folgen des Klimawandels zumindest zum großen Teil vermieden werden können (näher begründet und hergeleitet in BUND 2015b). Dies ist angesichts der langsamen Reaktionsgeschwindigkeit des Globalklimas und der Masse an bereits freigesetzten Emissionen ein sehr anspruchsvolles Ziel, doch sind die drohenden Folgen des Klimawandels so verheerend, dass maximale Anstrengungen geboten sind. Diese dürfen allerdings nicht mit Mitteln bewirkt werden, die ähnlich große Risiken heraufbeschwören – der BUND lehnt vielmehr einige technische Optionen und insbesondere die Atomenergie aus diversen Gründen nachdrücklich als bei weitem zu riskant ab (näher Abschnitt 3) und fordert insbesondere einen sofortigen Atomausstieg.

Es besteht wegen des anspruchsvollen Ziels, das man leicht aus den Augen verlieren könnte, die Notwendigkeit klarer Zwischenziele. Sinnvoll erscheint es, als Zwischenziel eine Reduktion von 45 % oder mehr bereits 2020 zu erreichen (siehe dazu BUND 2012). Mögliche weitere Zwischenziele wären zwischen minus 65 % und minus 80 % bis 2030<sup>2</sup> und minus 90 % bis 2040 (siehe schon BUND

2015b). Wegen der viel leichteren Erreichbarkeit der Treibhausgasfreiheit im Stromsektor verglichen mit den Sektoren Wärme, Mobilität und stoffliche Nutzungen fossiler Brennstoffe erscheint es ferner grundsätzlich möglich, den Stromsektor bereits im Jahr 2030 treibhausgasfrei zu betreiben.<sup>3</sup>

Treibhausgasreduktionen in dem Maß sind keine Wenn-dann-Aussage, der man sich entziehen kann, wenn man die beschriebenen Schäden eben doch für hinnehmbar hält. Es besteht vielmehr ein ethisches und rechtliches Gebot, die beschriebenen dramatischen Folgen zu vermeiden und die Emissionen drastisch zu reduzieren. Der BUND hat dies in seiner Klimagerechtigkeits-Position einschließlich der darin enthaltenen Verteilungsfragen näher dargelegt und fasst dies hier nur kurz zusammen (BUND 2015b). Dies besteht, obwohl die Energienutzung und der dazugehörige Lebens- und Produktionsstil durch die Grundrechte auf Unternehmens- und Konsumentenfreiheit sowie Eigentum erst einmal gedeckt ist, die Energienutzung also im Prinzip „frei“ ist. Umgekehrt gibt es jedoch die menschenrechtliche Garantie für die Freiheitsvoraussetzungen Leben, Gesundheit und Existenzminimum. Und es steht nicht im Belieben der auf Menschenrechten basierenden freiheitlichen Demokratie, zugunsten von den genannten wirtschaftlichen Grundrechten gedeckten Zielen (etwa kurzfristiger Reichtum) Zustände herbeizuführen, die jenem System absehbar die Grundlage zu entziehen drohen. Deswegen hat der langfristige Existenzschutz der Menschheit gegen die Gefahren des Klimawandels hier klar Vorrang. Und da gleichzeitig zumindest geringe Emissionen für menschliches Leben unvermeidbar sind, dürfte es naheliegen, für die verbleibenden möglichen Emissionen ein gleiches Emissionsrecht pro Kopf aller Menschen weltweit anzunehmen (ausführlicher dazu BUND 2015b).

Ein globales Temperaturziel wie 1,5 oder gar 2 Grad Celsius ist dabei keineswegs schadlos für den Menschen; schon heute sind verstärkte Dürren etwa in Afrika zu beobachten. Ein solches Ziel ist daher nicht radikal und auch nicht etwa einseitig im Verhältnis zu möglichen anderen Politikzielen, sondern realistisch im Hinblick auf die

sonst drohenden, auch ökonomisch desaströsen Folgen (zu alledem Ekaradt 2015). Für diese Schäden müssen die ProduzentInnen und KonsumentInnen etwa fossiler Energie eintreten – dieser als Verursacherprinzip bekannte Gedanke ist eine direkte Folge der Menschenrechte, denn wer Selbstbestimmung beansprucht, muss auch für die Folgen etwa in Form von Klimaschäden finanziell einzustehen bereit sein. Ein wesentliches Ziel der Energie- und Klimapolitik muss es deshalb auch sein, dass die Energiepreise die ökologische Wahrheit sagen, dass sie also die Kosten, die volkswirtschaftlich etwa durch Klimaschäden entstehen, nicht länger ausblenden. Ebenfalls realistisch ist es, wenn es der BUND als Ausdruck des menschenrechtlichen Existenzminimums auffasst, dass dauerhaft alle Menschen weltweit bezahlbare Energie im lebensnotwendigen Umfang zur Verfügung haben sollen (BUND 2015b). Mit Planwirtschaft, wie es VertreterInnen angemessener Klimaschutzziele manchmal vorgeworfen wird, wenn sie aus solchen Zielen (wie im vorliegenden Konzept) dann konkrete Maßnahmen ableiten, hat all das also nichts zu tun. Es geht vielmehr um die menschliche Existenz, die Wahrung unserer Freiheit und um Gerechtigkeit bei den Kosten von Umweltzerstörung.

Deutschland und die EU sind von den Pro-Kopf-Emissionen und von den vermeintlichen Reduktionsleistungen her (die bisher vollständig durch günstige Zufälle wie die Produktionsverlagerung in Schwellenländer, die Finanzkrise und den DDR-Industriezusammenbruch 1990 bedingt sind) keinesfalls „Vorreiter“. In der Summe sind beispielsweise allein die Produktionsverlagerungen aus der EU heraus in den zwei Jahrzehnten nach 1990 höher ausgefallen als die gesamte statistische Emissionsreduktion der EU von rund 10% (Edenhofer u. a. 2011, näher dazu Abschnitt 7). Das bedeutet nicht, dass die völkerrechtlich vorgeschriebene und zwecks präziser Emissionserfassung nahezu alternativlose Zählung von Emissionen nach dem Territorialprinzip vom BUND abgelehnt wird. Dennoch muss das Ausmaß nationaler Klimaschutzanstrengungen – und auch von Finanzierungsleistungen für Klimaschutz und Klimawandelanpassung in anderen Ländern – auch in Kenntnis dieser Verlagerungseffekte bestimmt werden (näher dazu BUND 2015b).

Nicht genau vorgegeben ist mit den genannten Energie- und Klimazielen, welche von verschiedenen Strategien gewählt werden sollte; deshalb entwickeln wir vorliegend ein eigenes mögliches Szenario. Ein Szenario ist dabei keine Zukunftsprognose, sondern das Aufzeigen einer möglichen, gewollten Zukunft. Nachhaltigkeit darf zudem nicht auf Klima- und Energiefragen reduziert werden; weitere Ressourcen wie Wasser und Phosphor sind existenziell wichtig und werden ebenfalls massiv übernutzt. Und dass beispielsweise die Stickstoffemissionen aus Düngern, Verkehr, Massentierhaltung, Kohlekraftwerken und weiteren Quellen zu hoch sind, schädigt nicht nur das Klima. Es fördert auch Bodendegradation, Grundwasser-verseuchung und Krebserkrankungen. Die entsprechenden Emissionen sind wiederum getrieben durch den Einsatz fossiler Brennstoffe.

Das bedeutet zweierlei: Erstens kann eine ernsthafte Energie- und Klimawende auch weitere Umweltprobleme einer Lösung näherbringen. Zweitens kann es aber auch Zielkonflikte geben. Wir möchten auch – nicht zuletzt im menschlichen und wiederum durch die Menschenrechte fundierten Interesse – stabile Ökosysteme weltweit erhalten und in der Landwirtschaft schrittweise auf den Ökolandbau umsteigen, der mehr Fläche benötigt als die konventionelle Landwirtschaft. Deswegen muss die Fläche für die Energieerzeugung begrenzt bleiben, und es müssen die Ökosysteme möglichst wenig in Anspruch genommen werden, nicht nur, aber besonders dort, wo es um wertvolle Ökosysteme geht. Dies begrenzt beispielsweise die Möglichkeit des Energiepflanzenanbaus, die mit dem Ökosystemschutz und der Sicherung der Welternährung in Konflikt geraten kann. Auf einzelne Probleme etwa beim Naturschutz wird in Abschnitt 5 eingegangen. Dass der BUND zudem einige Technologien von vornherein als Irrwege und nicht als mögliche Beiträge zur Energiewende ablehnt, wird in Abschnitt 3 betrachtet.

### 3 Strategien: Die Energie- und Klimawende erfordert Technik und Verhaltensänderungen (Suffizienz) – und den Verzicht auf technologische Irrwege

**V**iehfältige technische Optionen wie erneuerbare Energien und Energieeffizienz werden diskutiert. Darunter finden sich auch problematische Scheinlösungen wie Kohlenstoffabscheidung und -lagerung (CCS)<sup>4</sup> und Atomenergie.

Um den vielfältigen Problemen, die mit unserer aktuellen Energieversorgung verknüpft sind, zu begegnen, bedarf es eines grundlegenden Umdenkens in Bezug auf Erzeugung und Verbrauch von Energie. Insbesondere erfordert eine erfolgreiche Energie- und Klimawende aller Voraussicht nach neben besserer Technik (erneuerbare Energien, Energieeffizienz) auch Verhaltensänderungen, insbesondere das häufigere Unterlassen oder Einschränken bestimmter Aktivitäten wie etwa des Fliegens oder des Fleischkonsums, also Suffizienz, generell also mehr Mäßigung an manchen Stellen des Lebens. Sicherlich sind künftige technologische Entwicklungen und damit auch deren Problemlösungsmaß nie mit Sicherheit vorauszusagen, so dass eine rein technische Lösbarkeit des Energie- und Klimaproblems nicht völlig ausgeschlossen ist.<sup>5</sup> Und es erscheint aus mancherlei Gründen zumindest vordergründig betrachtet attraktiv, Umweltprobleme wie den Klimawandel rein technisch lösen zu wollen. Denn neue Technik lässt sich verkaufen und schafft Arbeitsplätze, wogegen Verhaltensänderungen häufig bedeuten, Güter aus dem Markt zu nehmen und damit letztlich das auf Wachstum ausgerichtete Wirtschaftsmodell generell in Frage zu stellen. Zudem kann ein rein technischer Wandel bequemer und deshalb leichter umsetzbar sein als das Umstellen von Verhaltensweisen. Das gilt, obwohl Suffizienz keineswegs das Ziel hat, schlechter zu leben – eine größere Umsichtigkeit im Verhalten kann gerade auch mehr Zufriedenheit bedeuten, wenn ein ständig wachsender Konsum und Statussymbole künftig vielleicht eine geringere Rolle spielen.<sup>6</sup> Auch gesundheitlich kann es Vorteile bieten, beispielsweise Optionen wie das Fahrrad öfter dem Auto vorzuziehen oder eine fleischarme Ernährung zu versuchen.

Dennoch sprechen neben weiteren Aspekten das Problemausmaß beim Klimawandel (gemessen an bisher bekannten Innovationsgeschwindigkeiten) und die fehlende

technische Lösbarkeit bestimmter Problembereiche gegen die optimistische Vorstellung, ohne Verhaltensänderungen respektive Suffizienz und damit auch ohne Verzicht auf Wirtschaftswachstum auszukommen. Manche technische Optionen wie CCS, Atomenergie, Geo-Engineering<sup>7</sup> u.a.m. empfehlen sich zudem nach Auffassung des BUND von vornherein aus einer Reihe von Gründen nicht, die teilweise auch mit dem Nachhaltigkeitsgedanken und seiner Orientierung auf langfristige Handlungsfolgen zu tun haben. Ferner ist bereits die technische Realisierbarkeit solcher Optionen wie CCS mit massiven Zweifeln behaftet, weswegen der BUND dieses Feigenblatt der in vielfacher Hinsicht umweltschädlichen Kohle (dazu Abschnitt 1) strikt ablehnt (BUND 2015b). Bei CCS besteht ferner das Problem, dass sie die Kohle im Markt halten soll, die als Brückentechnologie der Energiewende verkauft wird, obwohl sie den Ausbau der erneuerbaren Energien eher verzögert. Zudem löst CCS gravierende weitere ökologische Folgen für Grundwasser und Böden aus und bringt das Risiko gravierender Unfälle mit sich.

Ebenso lehnt der BUND seit langem die Atomenergie strikt ab angesichts ihres Risikos von großen Unfällen mit unüberschaubaren Folgen, ihrer ungelösten (und potenziell extrem kostspieligen) Zwischen- und Endlagerungsfrage, aber auch wegen des Attentatsrisikos und ihrer Überschätzung angesichts des nur rund 3% betragenden Anteils an der Weltenergieversorgung (siehe schon Abschnitte 1 und 2. Auch die von manchen propagierte Kernfusion fällt eher in die Kategorie technischer Scheinlösungen. Die Kernfusion verspricht kurzlebigeren radioaktiven Abfall, aber in weitaus größerer Menge. Kernfusion bedarf einer Energiewirtschaft, die noch kapitalintensiver ist und noch mehr auf zentralistischen Monopol-Strukturen basiert als bisher. Und es ist bisher wenig naheliegend, überhaupt von einer Verfügbarkeit der Kernfusion in nächster Zeit auszugehen. Mehr noch: Wir zeigen im vorliegenden Energiekonzept, dass genügend andere energiepolitische Optionen bereitstehen, die im Gegensatz zur Kernfusion keine überbeuerten und riskanten Lösungen für die Zukunft darstellen.

Wenn Emissionsreduktionsziele von etwa 95% erreicht werden sollen, denken allerdings manche, dass der Strom- und Wärmesektor negative Emissionen, also mehr als 100% Klimagasreduktion, leisten muss. Denn etwa die Landnutzungsemissionen würden selbst in einer Welt ohne fossile Brennstoffe nennenswert bleiben, und auch Bioenergie würde selbst bei deutlichem technischem Fortschritt möglicherweise nicht treibhausgasfrei werden. Negative Emissionen könnten etwa dann entstehen, wenn man Bioenergieanlagen mit Kohlenstoffabscheidung (Bio-CCS) betreiben oder massiv auf Aufforstungen etwa von Brachflächen zusätzlich (!) zu den anderen klimapolitischen Maßnahmen setzen würde. Wie bereits im Rahmen der aktuellen Klimagerechtigkeits-Position (BUND 2015b) klargestellt, lehnen wir solche Wege freilich u.a. wegen der generellen Skepsis gegen CCS strikt ab und plädiert dort eher dafür, die ohnehin nötige Finanzierung von Klimaschutzmaßnahmen in den Entwicklungsländern zu stärken (näher dazu BUND 2015b).

So wie insgesamt der Landnutzungssektor (abgesehen von seiner – bisherigen – Verknüpfung mit den fossilen Brennstoffen) jenseits kurzer Ausführungen in Abschnitt 7 nicht näher behandelt wird, wird auch die Möglichkeit von Aufforstungen bzw. unterlassenen Landnutzungsänderungen als Emissionsverringerungsmaßnahme vorliegend nicht näher erwogen. Die diesbezüglichen Handlungsmöglichkeiten zumindest in Deutschland erscheinen ohnehin als sehr begrenzt (Ekardt 2015). Dass auch hier dennoch durch die Schaffung von Senken die Treibhausgasbilanz zumindest ein wenig verbessert werden kann, wird im Abschnitt 7 in Ansätzen berücksichtigt werden.

# 4 Ein Energieszenario für Deutschland: Methode, Grundannahmen und Grenzen

## 4.1 Warum ein Szenario? Die postfossile Energiezukunft greifbar machen

Welche Energiezukunft erscheint vor den vorstehenden Hintergründen für Deutschland möglich, um die Ziele eines Ausstiegs aus den endlichen Brennstoffen sowie einer weitgehenden Freiheit von Treibhausgasen zu erreichen? Wir haben hierzu ein Szenario für das Jahr 2050 entwickelt, welches bewusst nicht – wie viele Diskussionsbeiträge – allein den Stromsektor einbezieht. Wir wollen mit unserem Szenario ganz konkret zeigen, wie wir das gesamte Energiesystem umgestalten müssen, wenn wir unsere klimapolitischen Zielsetzungen wirklich erreichen wollen. Und vor allen Dingen wollen wir zeigen: Eine nachhaltige Energiezukunft in Deutschland ist möglich!

Ein Szenario ist natürlich keine Zukunftsprognose, sondern das Aufzeigen einer möglichen, gewollten Zukunft im Lichte der in Abschnitt 2 dargestellten Ziele. Dabei hat ein Szenario den großen Vorteil, dass es nicht nur einen abstrakten Möglichkeitsraum, sondern auch konkret denkbare Entwicklungspfade zeichnen kann. Um das Szenario möglichst greifbar zu machen, arbeitet es mit konkreten Zahlen und vorhandenen Daten. Diese beruhen an einigen Stellen unvermeidlich auf Vereinfachungen, weil manche Sachverhalte zwar bekannt, aber schwer in Zahlen zu fassen sind. Daher gehen wir zweistufig vor: Wir entwickeln zunächst in den Abschnitten 5 und 6 ein konkretes Szenario aus Berechnungen, die auf verfügbarem Zahlenmaterial basieren.<sup>8</sup> Dieses ergänzen und korrigieren wir dann im Abschnitt 7 dahingehend, dass wir weitergehende, aber schwer exakt zu messende Faktoren integrieren. Die hier dargestellte Energiezukunft orientiert sich am in Abschnitt 2 entwickelten Ziel einer vollständigen Ersetzung der fossilen Brennstoffe. Trotzdem soll schon an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass auch dies kein Null-Emissions-Szenario wäre. Denn über Prozessemissionen und über Landnutzungsemissionen wurde – jenseits des Einsatzes fossiler Stoffe etwa für Dünger – noch nichts gesagt. Zur Landnutzung wird jedoch am Ende des Konzeptes eine ergänzende Aussage getroffen.

Das Szenario wurde mit Hilfe des von Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt entwickelten Programms 100prosim erstellt.<sup>9</sup> Das Besondere an diesem Programm zur Modellierung von Energiezukunftsszenarien ist, dass es das zu erreichende Ziel und dessen Machbarkeit als Ausgangspunkt wählt und nicht, wie viele andere Szenarien, den Status quo der heutigen Energienachfrage. Dafür geht es von den absolut limitierenden Faktoren für eine nachhaltige Energieversorgung aus und zeigt unter deren Berücksichtigung mögliche, aber auch notwendige Entwicklungspfade auf: Erster gedanklicher Ausgangspunkt ist die klimapolitische Notwendigkeit einer mittelfristigen vollständigen Dekarbonisierung unserer gesamten Energieversorgung (siehe Abschnitt 2). Es geht also um die Modellierung einer zu 100% auf erneuerbaren Energien basierenden Energiezukunft. Die zweite fundamentale Ausgangsgröße des Szenarios ist die Fläche, die für die Bereitstellung dieser zukünftigen Energieversorgung zur Verfügung steht. Denn, ganz einfach ausgedrückt: Wir dürfen nicht mehr fossile Energie verbrauchen, als unser Klima aushält – wir können aber gleichzeitig auch nicht mehr regenerative Energie für die Zukunft einplanen, als wir in der Lage sind, zu erzeugen. Ist es nicht möglich, mit der berechneten zur Verfügung stehenden Fläche ausreichend Energie bereitzustellen, muss demnach in der Modellierung die Fläche vergrößert oder die Energienachfrage gesenkt werden – entweder durch eine technisch zu steigernden Energieeffizienz oder durch Verhaltensänderungen, letztlich also Mäßigung (Suffizienz).<sup>10</sup> Bei alledem sind, um zu einem realistischen Szenario zu gelangen, auch sonstige politische Ziele zu berücksichtigen, etwa die Unterschutzstellung bestimmter Gebiete oder die Vermeidung der Risiken, die mit der Nutzung einzelner erneuerbarer Energieträger einhergehen. In der Entwicklung des Szenarios wird also letztlich Schritt für Schritt eine grundlegende Abwägung über die Nutzung der zur Verfügung stehenden Flächen und der damit zu erzeugenden Energie vorgenommen – im Sinne dauerhaft tragfähiger Lebensumstände, vgl. hierzu Abschnitt 2.

#### 4.2 Methode: Das Programm 100prosim

Um Aufschluss zu gewinnen über die Möglichkeiten, Grenzen und Bedingungen eines postfossilen Energiesystems in Deutschland, wird durch 100prosim im Wesentlichen eine (fiktive) Jahres-Energiebilanz im postfossilen Zeitalter modelliert. Entscheidend ist dabei, dass die Methode neben dem Stromsektor auch die übrigen Energiesektoren umfasst, und dabei neben den privaten Haushalten auch die Verbrauchssektoren Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, Industrie und Verkehr in die Betrachtung einschließt. Damit wird eine Gesamtenergiebilanz möglich. Diese erfolgt differenziert nach Anwendungsart; erfasst sind dabei die folgenden Bereiche: Strom (Kraft/Licht/Information/Kommunikation/ Kälte), Niedertemperaturwärme (Raumwärme/Warmwasser), Prozesswärme (über 100 Grad Celsius für Herstellungsprozesse) sowie Antriebsenergie im Verkehrsbereich (Kraftstoffe, Strom). Da für eine solche Gesamtenergiebilanz die naturräumlichen Gegebenheiten und die erwartbaren technischen Möglichkeiten maßgeblich sind, erfolgt die Szenario-Modellierung maßgeblich auf dieser physischen Grundlage.

Die Methodik geht demzufolge zunächst von der Flächenstruktur Deutschlands aus. Dafür sind bereits verschiedene Größen in das Programm eingespeist, die auf der Grundlage verfügbarer statistischer Datensätze ermittelt wurden (näher dazu unter 4.3). Auf dieser Grundlage werden für die verschiedenen Energiegewinnungsflächen vertretbar erscheinende Zielansätze getroffen, also festgelegt, wie viel Fläche für welche Energieerzeugungsart genutzt werden soll oder kann. Hierbei müssen etwaige sonstige die Flächennutzung und die Energieerzeugung betreffende Ziele (Schutzgebiete, unterschiedlich intensive Nutzung unterschiedlicher Energieträger u. ä.) natürlich mitgedacht werden. Das Programm beinhaltet zur Unterstützung einer nach heutigem Erkenntnisstand angemessenen Festlegung der Zielansätze Vorgaben für technikspezifische und Leitlinien für regionsspezifische Größen. Diese kontinuierlich erweiterte und an aktuelle Erkenntnisse angepasste Wissensbasis beruht auf einer umfassenden Auswertung vorhandener wissenschaftlicher Erkenntnisse und Datensätze. Das Programm wird in

Hinblick auf technologische und wissenschaftliche Entwicklungen fortlaufend aktualisiert und wurde auf dem aktuellen Stand in der Version von Anfang 2015 verwendet. Die Beiträge, die die verschiedenen erneuerbaren Energieträger in unserem Ziel-Szenario leisten, werden in Abschnitt 5.1 bis 5.5 näher dargestellt. Die fluktuierende Stromerzeugung aus den künftigen Hauptquellen Wind und Solarstrahlung erfordert außerdem in zunehmendem Maße den Einsatz von Stromspeichertechnologien zur Absicherung einer kontinuierlichen Bedarfsabdeckung. Die Modellierung umfasst daher eine dynamische Simulation in Tagesscheiben zur Ermittlung des besonders kritischen Langzeitspeicherbedarfs, um die dadurch entstehenden Verluste in der Energiebilanz angemessen berücksichtigen zu können. Diese Aspekte bilden wir in Abschnitt 5.6 ab.

Mit dem – ebenfalls aus vorhandenem Datenmaterial zu entnehmenden – jeweiligen Energieertrag pro Hektar lässt sich aus den im ersten Schritt festgesetzten Zielansätzen der verschiedenen Energieträger dann die resultierende potenzielle Jahres-Energieproduktion bestimmen. Durch den Abgleich mit dem Status quo der Energienachfrage in Deutschland kann der „Deckungsgrad“ zwischen unserem jetzigen Energiekonsum und der je nach Zielansätzen variierenden möglichen postfossilen Energieproduktion bestimmt werden. Die Energienachfrage bemisst sich dabei nach dem durchschnittlichen deutschen Pro-Kopf-Verbrauch. Das Verhältnis zwischen Nachfrage und Deckungsgrad gibt Aufschluss darüber, wie hoch die Einspar-Notwendigkeiten in den verschiedenen Zielansatz-Variationen ausfallen. Diese müssen durch technische Maßnahmen zur Effizienzsteigerung oder durch Verhaltensänderungen (Suffizienz) erbracht werden. Die Methodik unterstützt daher die Modellierung der heutigen Energienutzung und verschiedener Möglichkeiten einer künftigen Nachfrageminderung. Das nach Einbezug möglicher Effizienzmaßnahmen letztlich verbleibende Deckungsdefizit markiert also die notwendigen Suffizienzanstrengungen im Verhältnis zu unserem heutigen Energiekonsum. Die errechneten Notwendigkeiten zur Senkung des Energiekonsums in unserem Ziel-Szenario sind in Abschnitt 6 dargestellt.

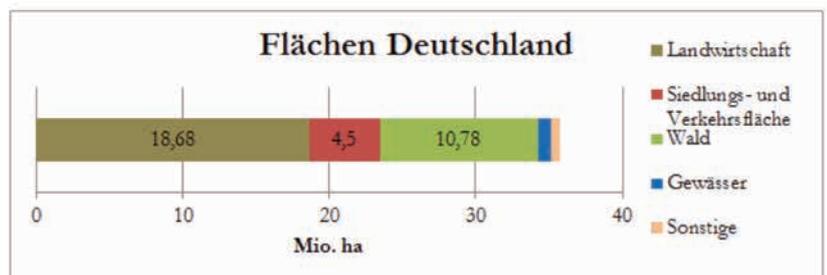
Die beschriebene Szenario-Modellierung nach 100prosim zeigt, wie eine klimaverträgliche Energiezukunft in Deutschland im Zeithorizont 2050 ganz konkret aussehen könnte. Denn sie ermittelt rechnerisch – aufgesetzt auf bestehendes Datenmaterial und unter Berücksichtigung des eigenen Zielprofils – welche Schritte notwendig sind, um unter den gegebenen und zukünftig angestrebten Bedingungen tatsächlich ein postfossiles Energiesystem zu verwirklichen. Insgesamt entwickelt sich das Szenario damit vom zu erreichenden Ziel her und macht deutlich, was zu dessen Erreichung getan werden muss. Es stellt also nicht etwa ein umweltpolitisches Wunschkonzert oder eine Utopie dar, sondern skizziert die zwingend nötigen und gleichzeitig machbaren Schritte hin zu einer nachhaltigen Energiezukunft.

Nicht leistbar – für den BUND, wegen der Komplexität der wirtschaftlich-technischen Zusammenhänge (und der Freiheitlichkeit unserer Gesellschaft) wohl aber auch sonst für niemanden – ist es demgegenüber, im Stil von Jahres-scheiben genau für den Zeitraum bis 2050 anzugeben, in welchen kleinteiligen Schritten sich die Zusammensetzung des Energiemixes und die Situation bei Effizienz und Suffizienz wie verringert. Das Konzept ersetzt deshalb keine tagespolitischen Stellungnahmen des BUND zu aktuellen Vorgängen. Es gibt allerdings auf der Ebene der Politikinstrumente in Abschnitt 10.1 einen Weg an, der jedenfalls das Absenken der Emissionen recht genau planbar machen würde. Bei alledem ist das Konzept natürlich offen dafür, je nach Fortgang z.B. der technischen Entwicklung zu einem späteren Zeitpunkt fortgeschrieben zu werden.

#### 4.3 Grundannahmen in unserem Szenario: Flächendaten und Nutzungskonkurrenzen

Grundlage für die Berechnungen in unserem Szenario ist – wie in 4.2 dargestellt – die Frage, wie viel Fläche für die Energiegewinnung bereitgestellt werden soll bzw. kann. Es wird also zunächst ermittelt, welche Flächen zur Deckung einer bestimmten Energienachfrage nötig wären und welche Flächen demgegenüber überhaupt verfügbar sind. Dabei werden auch etwaige Nutzungskonkurrenzen und Zielkonflikte bezüglich der Flächennutzung berücksichtigt.

Für unsere Berechnungen gehen wir dabei von folgenden Flächendaten aus (sofern nicht anders angegeben, basieren alle folgenden Angaben auf Daten von 2011/2012 und folgen dem verwendeten Programm 100prosim):

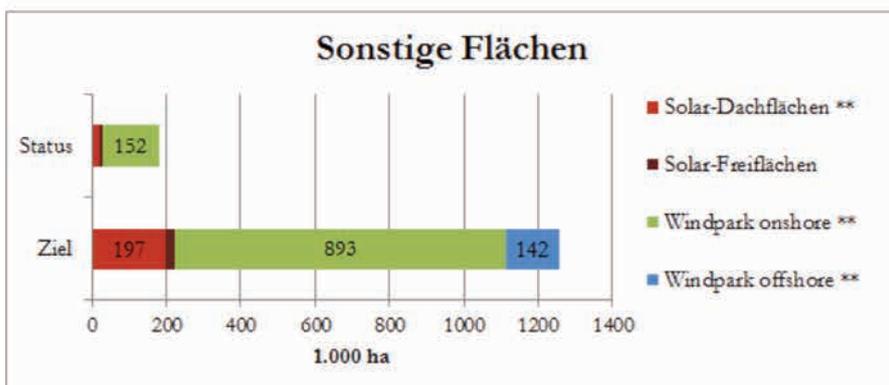
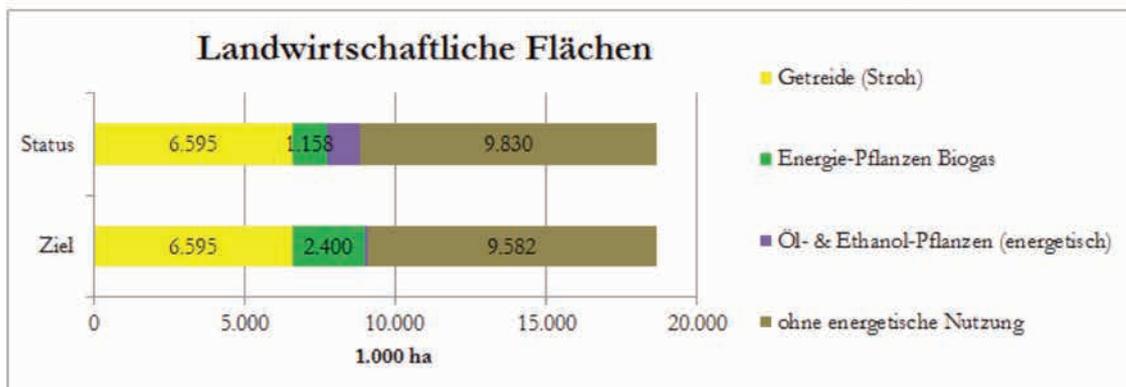
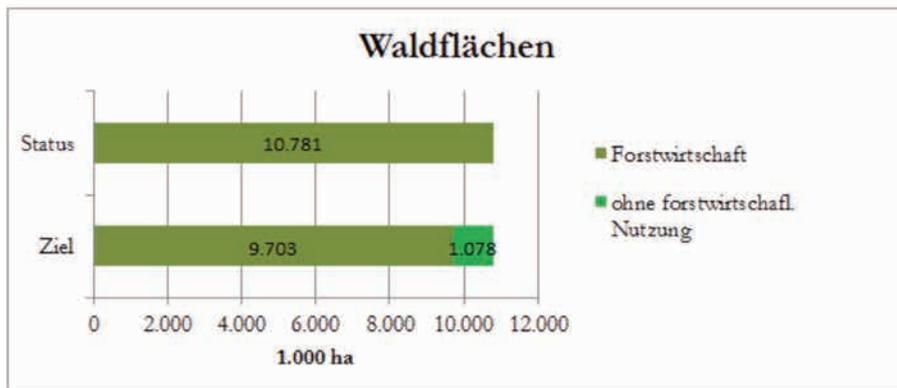


Quelle: Umweltbundesamt, 2011

Abb. 1: Flächen Deutschland

Deutschland hat eine Fläche von 35,714 Millionen ha. Davon werden 18,677 Millionen ha landwirtschaftlich genutzt, 10,781 Millionen ha sind Waldflächen<sup>11</sup> und 2,468 Millionen ha entfallen auf Städte und Ortschaften. Landwirtschaftliche Fläche<sup>12</sup> eignet sich grundsätzlich für die Energiegewinnung aus Windenergieanlagen und die Produktion von Biomasse in Form von Energiepflanzen für die Biogas-Produktion (aktuell 6,2% der Fläche) und Ölpflanzenanbau (aktuell 5,9% Fläche). Es ist davon auszugehen, dass die Schwankungen durch Nutzungsänderungen in der für landwirtschaftliche Zwecke zur Verfügung stehenden Fläche durch Nutzungsänderungen unerheblich sind. Waldflächen können grundsätzlich der energetischen Holznutzung dienen. Allerdings schreibt ein politisches Zielprogramm des Bundes die Erhöhung der Nichtnutzung von Waldflächen um 5% bis 2020 vor, um die biologische Vielfalt zu schützen. Wir sind aus Gründen des Biodiversitäts- und Ökosystemschutzes der Auffassung, dass aus diesem Grund 10% der Waldfläche nicht forstwirtschaftlich genutzt werden sollten. Deshalb wird in Zukunft maximal 90% der Waldfläche verfügbar sein.<sup>13</sup> Gebäude- und Freiflächen<sup>14</sup> dienen als Bezugsfläche für die Installation von Solaranlagen. Hier ist eine Prognose der künftig verfügbaren und geeigneten Dachflächen

## Energetische Nutzung der Flächen \*



\* Potentielle Flächen zur Nutzung von Wasserkraft und Geothermie sind nicht dargestellt.

\*\* Es bestehen nur begrenzt Nutzungskonflikte mit anderen Landnutzungsformen.

Quelle: 100prosim

Abb. 2: Energetische Nutzung der Flächen

schwierig, denn es ist unklar, ob die Flächenversiegelung weiter zunehmen wird oder ob es zu einer Trendwende in Richtung Renaturierung nennenswerter Flächen kommt. In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass sich beide Entwicklungen in Deutschland in etwa ausgleichen werden. Dies ist freilich eine aus Klimaschutzsicht eher optimistische Annahme, wenn man den globalen Trend betrachtet. Denn dieser geht derzeit eher zu größeren Wohnflächen und damit Flächenversiegelung sowie zu mehr tierischen Lebensmitteln und damit der Ausweitung von Agrarflächen (laut dem Weltagrarbericht benötigt eine tierische Kalorie je nach Tier zwei bis sieben oder noch mehr pflanzliche Kalorien für Futtermittel in der Produktion, was sich natürlich auch auf den Flächenbedarf auswirkt). Dieser Entwicklung etwas entgegenzusetzen, gehört zu den politischen Zielen des BUND – sie spielt in der Entwicklung des Energieszenarios jedoch keine vertiefte Rolle (zu weiteren konzeptionelle Grenzen unseres Szenarios zugleich).

#### **4.4 Grenzen unseres Szenarios: Wirtschaftswachstum, Verlagerungseffekte, Landnutzung und stofflicher Einsatz fossiler Brennstoffe**

Eine wesentliche Frage für jedes Energieszenario ist, welche Energienachfrage zugrunde gelegt wird. Denn wenn man ein Energiekonzept erstellt, müssen dessen Maßnahmen bei den erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und ggf. auch Suffizienz so strukturiert werden, dass sie gemessen am „business as usual“, also einem „Weiter so“ ohne Änderung von Technologien oder Verhalten, die nötige Veränderung erbringen. Im hiesigen Szenario wird, basierend auf der verwendeten Software, in den mathematischen Berechnungen die heutige Energienachfrage als Maßstab verwendet. Dies ist jedoch konservativ gerechnet, da trotz aller Schwierigkeiten weiteres Wirtschaftswachstum zu erwarten ist, wenn die bisherige Wirtschaftsweise nicht grundlegend verändert wird. Würde man also weitermachen wie bisher, müsste vermutlich bis 2050 eine wesentlich größere Energienachfrage gedeckt werden. Nur in Relation zu dieser denkbaren Zukunft kann man bestimmen, in welchem Ausmaß erneuerbare

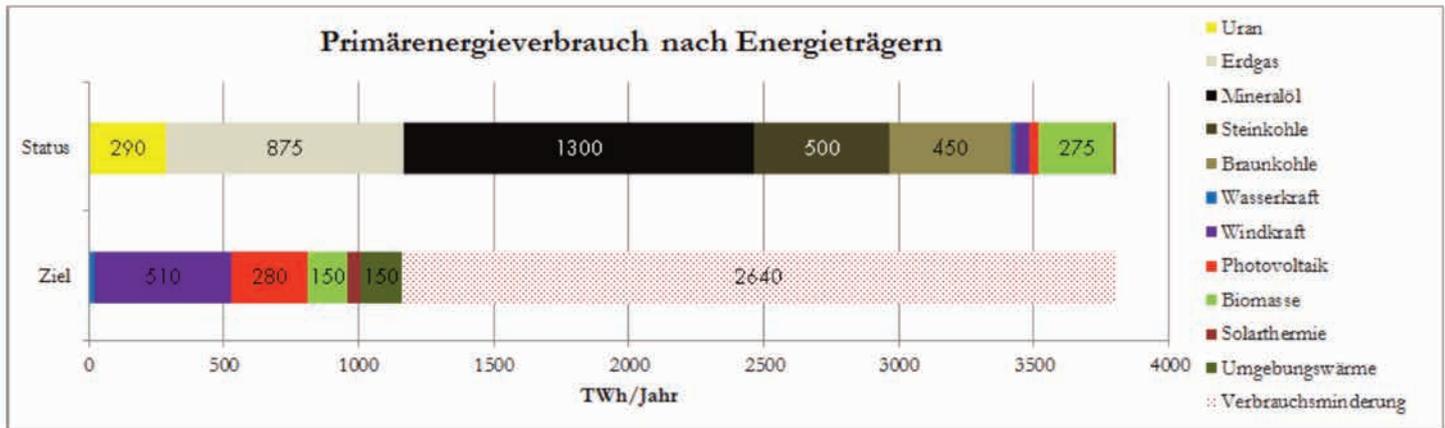
Energien, Energieeffizienz, aber auch Mäßigung (Suffizienz) zum Tragen kommen müssen. Ein mögliches Ergebnis wäre dann freilich, dass die Energienachfrage und auch das mittelfristige Wirtschaftswachstum am Ende deutlich geringer ausfallen könnten als bei einer Entwicklung gemäß dem „business as usual“. Wir kommen darauf wegen der schwierigen Quantifizierbarkeit dieses Umstands erst im Abschnitt 7 zurück und werden dort Hinweise geben, welche zusätzlichen Maßnahmen aufgrund dieses Umstands nötig sind. Sinnvoll ist dieses abgeschichtete Vorgehen auch deshalb, weil durch die Klimapolitik und die Verfolgung ihrer Ziele aus Abschnitt 2 – und auch durch andere Umstände – das Wachstum in Zukunft weitgehend reduziert sein könnte, ohne dass dies freilich sicher vorausgesagt werden kann (dazu Abschnitt 8). Dass es insoweit bei einem Wirtschaftswachstum von bisher etwa 2% jährlich in Deutschland nicht bloß um kleine Mengenunterschiede geht, liegt auf der Hand.

Unserem Vorgehen liegt die Vorstellung zugrunde, dass Deutschland in Bezug auf die Energienachfrage für hier angesiedelte Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie und Verkehr weitestgehend autonom sein sollte. Dies bedeutet, dass Deutschland in der Lage ist, die innerhalb seiner Grenzen benötigte Energie selbst bereitzustellen. Klar ist, dass es in der Praxis beispielsweise einen europäischen Strommarkt gibt, so dass es zu Energieimporten und -exporten aufgrund eines kurzfristigen Energieangebots kommt. Dass diese Entwicklung auch weiterhin zu erwarten und zu begrüßen ist, wird durch unser Bestreben nach weitgehender Energie-Autonomie Deutschlands nicht etwa in Frage gestellt. Wir gehen in unserem Szenario vielmehr davon aus, dass sich beides langfristig ausgleicht, so dass es weder zu Nettoimporten noch zu Nettoexporten kommt. Importe und Exporte gleichen sich also aus; das Szenario ist somit kein Autarkie-Szenario. In die direkten Berechnungen zunächst nicht einbezogen sind Güter und Dienstleistungen, die außerhalb von Deutschland produziert und hier genutzt werden. Dies könnte dazu führen, dass eine wirkliche Energieautonomie rechnerisch dann nicht mehr erreicht wird, wenn auch die verbrauchte Energie für importierte Güter einbezogen würde. Dies gilt insbesondere

in Bezug auf Lebensmittel aus konventionellem Landbau, der auf Mineraldünger setzt, die wiederum mit fossilen Rohstoffen erzeugt werden. Darauf wird am Ende des Konzeptes zurückzukommen sein, denn dieser Aspekt führt dazu, dass die Anstrengungen noch größer ausfallen müssen, als es das vorliegende Szenario bereits nahelegt. Denn bisher ist der pro-Kopf-„Energiefußabdruck“ in Deutschland deutlich größer, als es die unmittelbar in Deutschland selbst nachgefragte Energie ausdrückt: Weil in einer globalisierten Welt die energieintensiven Produktionsschritte zunehmend in den Schwellenländern ablaufen, ergibt die Aufrechnung von Importen nach Deutschland und Exporten aus Deutschland ein negatives Saldo – also eine Verlagerung unserer Energienachfrage ins Ausland (zu Verlagerungseffekten näher Abschnitt 7). Auch auf deren Berücksichtigung kommen wir wegen ihrer erneut schwierigen Quantifizierbarkeit separat am Ende des Papiers mit den daraus folgenden weitergehenden Vorschlägen zurück.

Ebenso werden Landnutzungsemissionen, die nichts mit dem Einsatz fossiler Brennstoffe (wie etwa bei Mineraldünger) zu tun haben, separat am Ende des Konzeptes behandelt. Die Landnutzungsemissionen sind die zentrale Ursache dafür, dass dieses Szenario zwar eine vollständig treibhausgasfreie Strom-, Wärme- und Treibstoffnutzung abbildet, aber dennoch keine Nullemissionswelt verspricht.

# 5 Vollständige technische Umstellung auf erneuerbare Energien für Strom, Wärme, Treibstoff



Quellen: Status in 2014 nach BMWi; 100prosim

Abb. 3: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

2014 stellten erneuerbare Energien 27,3% der Bruttostromerzeugung in Deutschland. Dieser Anteil ist um 1,4% im Vergleich zum Vorjahr gestiegen (AEE 2015). Das ist noch weit entfernt von den 100%, die bis Mitte des Jahrhunderts erreicht werden müssen. Zusätzlich wurde 1% des Wärmebedarfs in Haushalten durch Solarthermie und 0,6% des Gesamtwärmebedarfs durch oberflächennahe Geothermie gedeckt. Weitere 117 TWh/a<sup>15</sup> Wärme und 38,6 TWh/a Biokraftstoff wurden durch Biomasse erzeugt. Wie kann also ein deutsches Szenario aussehen, das sich komplett auf erneuerbare Energien stützt? Zentrales Element einer Energiewende ist dabei der Stopp der Energieverschwendung. Dies bedeutet die Steigerung der Energieeffizienz und die Verringerung der Energienachfrage durch Verhaltensänderungen (Suffizienz). Wir gehen für die mathematische Berechnung davon aus, dass der Gesamtenergieverbrauch in Haushalten, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie und Verkehr um 50–60% reduziert werden kann, im Wesentlichen durch technisch gut vorstellbare Effizienzmaßnahmen. Die verbleibende Ener-

gienachfrage muss durch Energie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Allerdings wird später gezeigt werden, dass voraussichtlich noch mehr an Effizienz und Suffizienz dazukommen muss – aus den im letzten Abschnitt aufgezeigten Gründen. Nachstehend zeigen wir Potenziale der wichtigsten erneuerbaren Energien auf.

Dabei ist das Zusammenspiel der unterschiedlichen erneuerbaren Energien von zentraler Bedeutung, um Versorgungssicherheit zu gewährleisten. So müssen insbesondere Wind- und Solar-energie, die über einen akuten Bedarf hinaus produziert wird, gespeichert werden, um Mangelzeiten ausgleichen zu können. Zudem benötigen wir in unserem Alltag verschiedene Formen von Energie, die nicht alle gleichermaßen durch jede Quelle erneuerbarer Energie bereitgestellt werden können. So wird ein Großteil der Biomasse für Produktionsprozesse benötigt, die Hochtemperaturwärme benötigen, die durch andere Energieträger nicht – oder nur schwer – erzeugt werden kann.

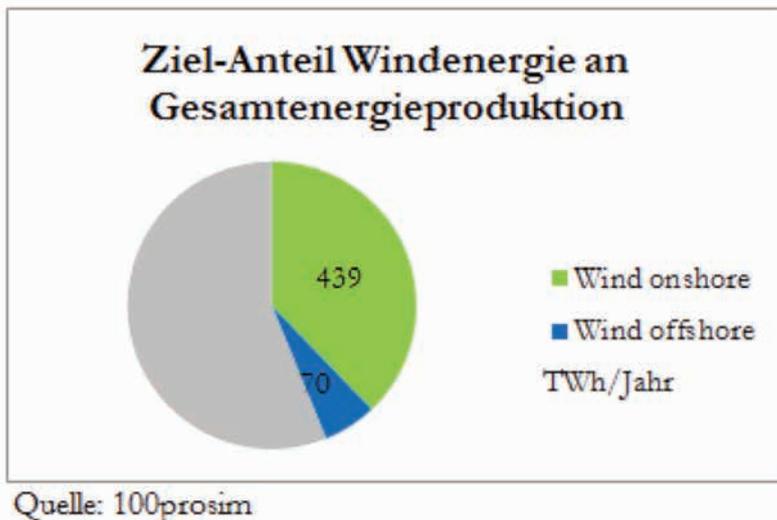


Abb. 4: Ziel-Anteil Windenergie an Gesamt-Energieproduktion.

### 5.1 Windenergie

Windenergie bietet deutschlandweit das größte Potenzial. Bereits durch einen Einsatz von Windenergieanlagen auf 2,5% der Fläche Deutschlands können mit 439 TWh/a plus 70 TWh/a aus Offshore-Windenergie ein erheblicher Anteil des aktuellen Stromverbrauchs (576 TWh/a (AG Energiebilanzen 2015)) gedeckt werden – in unserem nachfragereduzierten Szenario entspricht das 20,2% des gesamten Endenergieverbrauchs 2010. Dabei kann der größte Teil der Windparkfläche uneingeschränkt landwirtschaftlich weiter genutzt werden. Es entsteht nur eine geringe Bodenversiegelung, und nach der Laufzeit ergibt sich kein großer Entsorgungsaufwand. Hinzu kommt, dass Windenergieanlagen sich in weniger als einem Jahr energetisch amortisieren. Ausgeschlossen werden sollten (vgl. BUND 2011a) Naturschutzgebiete, Nationalparke, UNESCO-Biosphärenreservate.

Natura-2000-Gebiete (FFH- und Vogelschutzgebiete) sollten ebenfalls ausgeschlossen werden, da diese künftige Kandidaten für Naturschutzgebiete sind. Es ist die Erheblichkeit der Einwirkung zu prüfen, insbesondere, wenn bisher schon

Windenergieanlagen in Natura-2000-Gebieten betrieben wurden und die Schadenseinwirkungen gering oder durch gezielte Artenschutzhilfsmaßnahmen vermieden werden können und hierdurch bei hoher Windhöffigkeit dieser Gebiete der Bau von einer größeren Zahl von Windenergieanlagen an anderer Stelle vermieden werden kann.<sup>16</sup>

Anstelle pauschaler Abstände von Nist-, Rast- oder Durchzugsflächen ist eine an der spezifischen Situation angepasste Raumplanung für Vorranggebiete der Windenergie vorzunehmen (vgl. BUND 2011a). Gerade weil in den letzten Jahren die Schadenswirkungen der Windenergie sehr ausführlich untersucht wurden, ist nun bekannt, wie diese gezielt in Planung und Betrieb minimiert werden können. Da die Windenergieanlagen zum Zweck einer höheren Stromerzeugung pro Anlage deutlich höher gebaut werden, mindert dies in der Regel die Risiken für Vögel und Fledermäuse. Anlagen können gezielt dort gebaut werden, wo sich Greifvögel wie der Rotmilan eher nicht aufhalten. Allein ein Aufwuchs an den Mastfußbereichen (z.B. auch durch Kurzumtriebspflanzen), das Vermeiden von Ablagerungen aus der Landwirtschaft (vgl. Hötter 2006) kann das Schlagrisiko für den Rotmilan beträchtlich mindern. Zum Schutz von Fledermäusen ist es inzwischen die Regel, dass feste Abschaltzeiten der Anlagen für die Zeiten des Fledermauszugs sowie gezielte Abschaltungen gesteuert durch Fledermausdetektoren das Schlagrisiko über das zehnfache auf durchschnittlich eine Tötung im Jahr senken kann (vgl. Brinkmann 2011). Es ist ersichtlich, dass über eine gezielte Abstufung und Abschichtung in der Planung die Risiken für die Avifauna soweit gesenkt werden können, dass Verbotstatbestände ausgeschlossen werden. Schließlich können durch Artenschutzmaßnahmen schon vor dem Bau der Windenergieanlagen sowie beim Betrieb der Anlagen die Risiken minimiert werden.

Daraus ergibt sich, dass in Deutschland 1,04 Mio. ha, 2,8% der Bodenfläche für Windenergieanlagen zur Verfügung gestellt werden könnten. Möglicherweise werden weitere technische Verbesserungen bei der Windenergie es künftig ermöglichen, diese Strommenge sogar auf einer geringeren Fläche zu erzeugen.

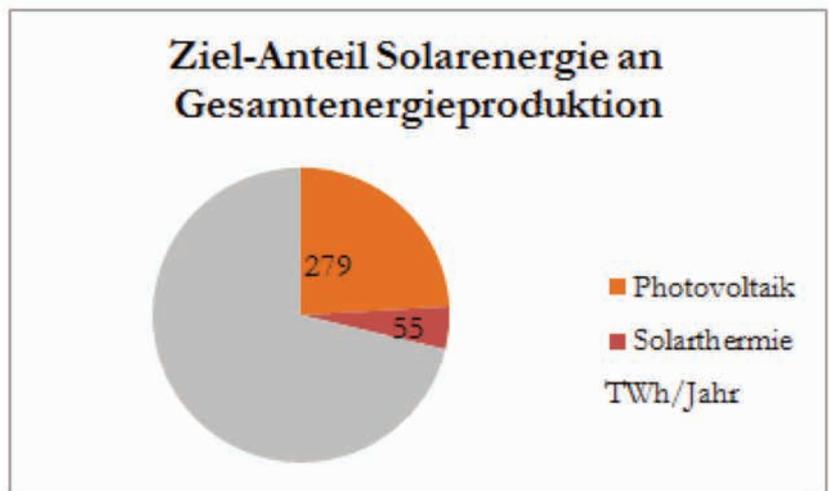
Offshore-Windenergieanlagen produzierten 2013 903 MWh/a (0,9 GWh; 0,42% des Strombedarfs). Obwohl die Nutzung im großen Stil unter anderem aus Gründen des Naturschutzes Fragen aufwirft, gehen wir davon aus, dass 70 TWh/a (70.000 GWh) durch Offshore-Windanlagen erzeugt werden können, wenn Naturschutzbelange entsprechend berücksichtigt werden.

## 5.2 Solarenergie

Solarenergie, die gerade auch global große Potenziale hat, kann als Solarthermie, also zur Wärmeengewinnung, und durch Photovoltaik, also zur Stromerzeugung, genutzt werden. In Deutschland wurden 2012 31 TWh Strom aus Photovoltaikanlagen gestellt. Im Szenario ist die Erhöhung auf 279 TWh vorgesehen, was 11,1% des heutigen gesamten Endenergiebedarfs ausmacht. Wärmeengewinnung durch Solarthermie kann dann mit 54 GWh/a einen Deckungsbeitrag von 2,2% leisten. Die Solarstrom- und Solarwärmeerzeugung erfordert die Nutzung eines großen Teils der solar geeigneten Dachflächen (ca. 200.000 ha, das sind ca. 8% der Bodenfläche der Städte und Ortschaften) und weitere 24.676 ha Freiflächen.

### 5.2.1 Photovoltaik

Nach der Windenergie trägt die Photovoltaik mit ca. 280 TWh Stromerzeugung im Jahr den größten Anteil an der Stromerzeugung im BUND-Szenario bei. Mit 12 m<sup>2</sup> pro Person können ca. 1 Mrd. m<sup>2</sup> Dachfläche mit PV-Modulen mit 150 GW belegt werden (Wirkungsgrad 15% unterstellt). Weitere 50 GW Photovoltaikleistung können auf 0,1% der Landesfläche (0,35 Mrd. m<sup>2</sup>) auf Freiflächen hinzukommen. Für den BUND hat die Installation von Photovoltaik auf Dachflächen mit der möglichst direkten Nutzung des Photovoltaikstroms in den Gebäuden Priorität. Freiflächenanlagen sollten entlang von Bahnen oder Autobahnen bzw. auf Konversionsfläche<sup>17</sup>, errichtet werden. Die PV-Technik sollte (gegenüber dem bisherigen Schwerpunkt im ländlichen Bereich) stärker in den Städten ausgebaut werden, insbesondere in Verbindung zur PV-Stromnutzung für ohnehin und auch durch den Klimawandel zunehmend erforderliche Kühlanlagen für Bü-



Quelle: 100prosim

Abb. 5: Ziel-Anteil Solarenergie an Gesamtenergieproduktion

rogebäude, Rechenzentren, Industrieanlagen. Damit können gezielt regionale und überregionale Stromnetze entlastet werden. PV-Anlagen in und an Gebäuden können zudem zugleich Verschattung und damit Minderung des Kältebedarfs bieten und leisten somit neben dem Klimaschutz auch einen Beitrag zur Anpassung an die höheren Temperaturen infolge des Klimawandels.

Aktuell gibt es einen großen Aufschwung bei Photovoltaikanlagen. Ihre energetische Amortisationszeit hat sich auf etwa zwei Jahre verringert, bei einer erwarteten Lebensdauer von 20 Jahren. Ebenso sollte der Ausbau der Photovoltaik durch die gezielte Integration mit steuerbaren Batteriespeichern verbunden werden, um durch die Glättung der Einspeisung bzw. Eigenstromnutzung den Ausbaubedarf lokaler und regionaler Stromnetze zu mindern.

Bei der Weiterentwicklung der PV-Technik ist verstärkt auf die Minimierung des Einsatzes oder der Freisetzung von gefährlichen Chemikalien bei der Herstellung zu achten. Ebenso ist schon durch die Herstellenden sicherzustellen, dass die PV-Module wie auch die Elektronik der Wechselrichter hin hohem Maße recycelt und wieder verwendet

werden kann. Denn auch hier können endliche Ressourcen zum Einsatz kommen. Photovoltaikanlagen erfordern bislang entweder den Einsatz von Silizium oder von Seltenen Erden. Obgleich etwa das Silizium als ein möglicher Rohstoff für die kristalline Solartechnologie in der Natur häufig vorkommt, sind bislang weltweit nur 15 Fundstellen von Rohsilizium bekannt. Zur Produktion von Solarzellen ist daher oftmals eine aufwendige Reinigung des Siliziums notwendig (z. B. aus Quarzsand), die mit hohem Energiebedarf und Treibhausgasemissionen verbunden ist. Das Recycling alter Solarzellen wird deshalb immer wichtiger, muss allerdings noch im Verfahren weiter entwickelt werden (dazu DGS 2013). Ferner gibt es Probleme mit der Verfügbarkeit von Seltenen Erden als endlichen Rohstoffen, die für bestimmte Solaranlagen – insbesondere Dünnschichttechnologie – benötigt werden. Letztere Anlagen haben jedoch einen geringen Marktanteil, und ein großer Teil der Dünnschichtanlagen kommt auch ohne Seltene Erden aus. Auch gibt es Ansätze zur organischen Herstellung eines Materials, das Seltene Erden ersetzen kann, diese sind allerdings noch nicht ausgereift. Bei der Weiterentwicklung der PV-Technik ist verstärkt auf die Minimierung des Einsatzes oder der Freisetzung von gefährlichen Chemikalien bei der Herstellung zu achten.

#### 5.2.2 Solarthermie

In der Solarthermie liegt ebenfalls ein großes Potenzial. Eine gebäudeintegrierte Installation von 1 bis 2 qm<sup>2</sup> pro Person leistet einen wichtigen Beitrag zur Deckung des Heizungs- und Warmwasserbedarfs. Die Solarthermie kann schon durch ihre passive Nutzung einen großen Anteil an der Deckung des Heizenergiebedarfs von Gebäuden haben. Zudem kann eine aktive Nutzung mittels Sonnenkollektoren einen wesentlichen Beitrag leisten. Bei ca. 8–10 m<sup>2</sup> Kollektorfläche pro Person kann Solarthermie einen Anteil von 15% des gesamten künftigen Energiebedarfs decken. Während Solarthermie sich bisher auf Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung konzentrierte, können neue innovative Systeme verbunden mit Wärmepumpen und Wärme- oder Eisspeichern eine weitgehende Deckung mit Heizwärme über das ganze Jahr vor allem für kleinere Wohngebäude sicherstellen. Solarthermie kann in

Systeme von Wärmenetzen eingebunden werden, mit Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen kombiniert werden und signifikante Beiträge für Wärme in der Industrie liefern. Die guten Erfahrungen aus Dänemark mit großen solarthermischen Kollektorfeldern können in ganz Deutschland umgesetzt werden. Im Rahmen der Erstellung der Sanierungsfahrpläne für Gebäude sollte jeweils das Potential der Solarthermie einbezogen werden (siehe auch BUND 2013b).

#### 5.3 Biomasse

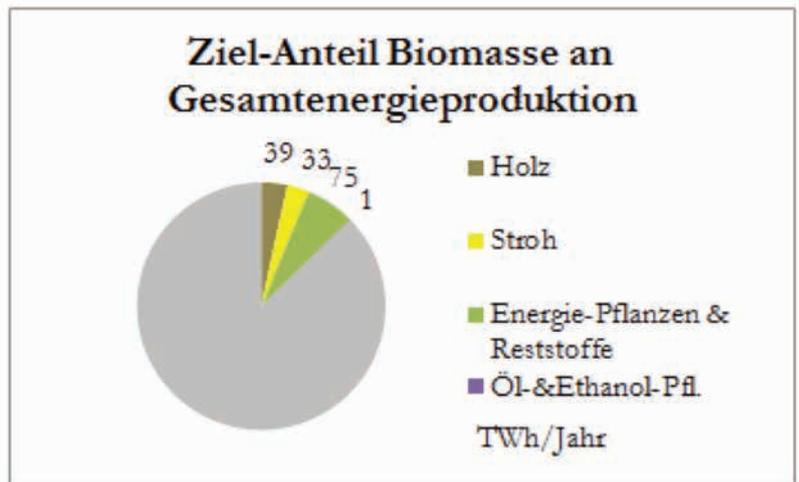
Biomasse sollte für die energetische Nutzung zu großen Teilen aus ohnehin anfallenden biogenen Abfällen aus Haushalten, Gewerbe, Industrie stammen. Sinnvoll ist es, das hierbei abgetrennte CO<sub>2</sub> als (zwischenpeicherbaren) Eingangsstoff für die Methanisierung von aus Wind- und Sonnenstrom in Überschussituationen erzeugtem Wasserstoff zu verwenden. Biogas oder Holz aus Holzabfällen (aus der Kaskade von Abfällen der Holzverarbeitung, Bauholz-, Möbelindustrie, bis hin zum Altholz) sollte nur in KWK-Anlagen – von denen es bei 100% erneuerbare Energien allerdings nicht mehr viele geben wird – verwendet werden.

Im erstellten Energieszenario wird zwischen Holz, Getreide (Stroh), Energiepflanzen und Ölpflanzen als Quellen von Biomasse zur energetischen Nutzung unterschieden. Biomasse ist als Energieträger in verschiedenerlei Hinsicht problematisch, da sich Nutzungskonkurrenzen mit Flächen zur Nahrungsmittelproduktion ergeben können, Anreize für den verstärkten Anbau von (unter Umständen gentechnisch veränderten) Energiepflanzen in nicht-nachhaltigen – für Böden, Grundwasser und Ökosysteme problematischen – Monokulturen geschaffen werden und die z.T. schlechte Energiebilanz, insbesondere bei der Nutzung veresterter Pflanzenöle als Biodiesel und von Ethanol aus Zucker bzw. Stärke liefernden Pflanzen die Nutzung energetisch unrentabel macht. Deshalb wird Biomasse in diesem Szenario nur als ergänzender Energieträger für die Bereitstellung von Prozesswärme etwa für die Stahlproduktion<sup>18</sup> und z.T. als Antriebsenergie im Verkehrsbe-

reich verwendet. Diese kann durch andere Arten der Energiegewinnung nur über „Power to Gas“ (siehe Abschnitt 5.6) mit relativ geringem Wirkungsgrad erzeugt werden. Deshalb, und um naturschutzfachliche Bedenken und eine weitere Belastung von Böden und Gewässern durch eine intensiviertere Landwirtschaft zu vermeiden, sollen darüber hinaus nicht biogasoptimierte Fruchtarten zum Anbau kommen, sondern blühende Pflanzen, die nicht mit Pflanzenschutzmitteln behandelt werden und auch durch ihre Standorte zu geringeren Zielkonflikten etwa mit dem Nahrungsmittelanbau führen. Importe aus Ländern des globalen Südens sind im Hinblick auf die oft schlechte Klimabilanz grundsätzlich keine Option (ebenso ist aber auch ein verstärkter Import von Futter- und Nahrungsmitteln keine Option, weswegen Biomasseanbau die Notwendigkeit fleischschrämmerer und damit weniger flächenintensiver Ernährungsweisen zum Thema macht).

12,8% der landwirtschaftlich genutzten Fläche soll für die Produktion von Biogas bereitgestellt werden. Durch die zusätzliche energetische Nutzung von Abfall- und Reststoffen aus anderen landwirtschaftlichen Prozessen wird die Inanspruchnahme weiterer 2,6% Anbaufläche vermieden. Gleiches gilt für Stroh, das beim Getreideanbau auf 35,3% der landwirtschaftlichen Fläche als Reststoff anfällt und beispielsweise in Dänemark bereits heute für Wärmeenergie genutzt wird. Damit können 1,3% der Wärme bei verringerter Energienachfrage gedeckt werden. Weiter zu führen ist freilich die Diskussion über den Zielkonflikt mit dem Bodenschutz dahingehend, dass Reststoffe auch für Böden eine wichtige Funktion erfüllen können.

Wir gehen davon aus, dass 90% der Waldflächen forstwirtschaftlich und von dem jährlichen Holzzuwachs auf diesen Forstflächen 20% energetisch genutzt werden und damit 1,6% des Wärmebedarfs erzeugt werden kann. Wie beim Stroh ist auch hier die Verwendung ausschließlich für Prozesswärme vorgesehen. Pflanzenöl und Ethanol werden wegen der gegenüber Biogas vergleichsweise geringen Hektar-Erträge nur noch in geringem Umfang als Kraftstoff für landwirtschaftliche Maschinen verwendet.

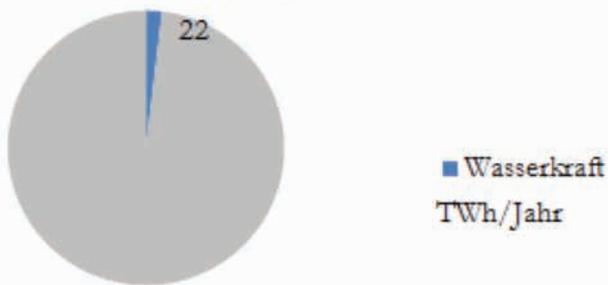


Quelle: 100prosim

Abb. 6: Ziel-Anteil Biomasse an Gesamtenergieproduktion

Energiepflanzen sowie Abfall- und Reststoffe dienen der Gewinnung von Biogas für Antriebe mobiler Anwendungen und sollten einen Deckungsbeitrag von 3% gemessen am heutigen gesamten Endenergieverbrauch liefern. Auf Energie aus veresterten Pflanzenölen (sog. Biodiesel) soll aufgrund der schlechten Energiebilanz und der Flächenkonkurrenz verzichtet werden. Biomasse liefert somit einen Deckungsbeitrag von knapp 7% der künftigen (näher Abschnitt 6 und 7) Energienachfrage (Biogas: 3% + Holz: 1,6% + Stroh: 1,3%).

## Ziel-Anteil Wasserkraft an Gesamtenergieproduktion



Quelle: 100prosim

Abb. 7: Ziel-Anteil Wasserkraft an Gesamtenergieproduktion

### 5.4 Wasserkraft

Der BUND hat sich für die Prämisse der Durchgängigkeit und der Herstellung eines guten Zustandes der Fließgewässer ausgesprochen. Dies betrifft nicht nur den Fischaufstieg, sondern insbesondere den schadensfreien Fischabstieg, der bei zahlreichen Wasserkraftanlagen immer noch zu hohen, sich kumulierenden Verlusten führt. Die Erhaltung natürlicher und naturnaher Fließgewässer oder die Renaturierung verbauter Gewässer hat Vorrang vor der Wasserkraftnutzung.

Der BUND (2009b) lehnt den Neubau von Wasserkraftanlagen an Strecken ab, an denen bisher keine Anlagen oder keine Aufstauung bestehen. Vor Neubau oder Reaktivierung muss nach dem Wasserhaushaltsgesetz immer eine Alternativenprüfung durchgeführt werden, weil der bezogen auf das 100-%-Ziel erneuerbarer Energienutzung geringe energetische Ertrag insbesondere bei Kleinwasserkraft mit anderen Mitteln einfacher, kostengünstiger und umweltschonender erreichbar ist. Der BUND lehnt eine Fortführung der EEG-Vergütung für Neuanlagen ab, da die bauliche Umsetzung und Erfahrung zeigt, dass die Her-

stellung eines guten ökologischen Zustandes in der Regel nicht erreicht werden kann (siehe BUND 2009b). Die Potenziale der Wasserkraft an Flüssen und Bächen sind nach Ansicht des BUND in Deutschland ausgeschöpft. Auch nach einer externen Studie sind die technischen Potenziale bereits weitgehend genutzt.<sup>19</sup> Deshalb sollte von einem weiteren Ausbau zulasten des Natur- und Biodiversitätsschutzes abgesehen werden. Bestehende Anlagen sollten nach Kriterien der Effizienz und der Naturschutzverträglichkeit nachgerüstet oder rückgebaut werden. Auf einen Neubau von Anlagen sollte angesichts der ungünstigen Relation von naturschutzfachlicher Schädigungswirkung und begrenztem Energieertrag verzichtet werden. In Deutschland trägt Wasserkraft mit einem Anteil von 0,7 % zur Bereitstellung des Bruttoenergieverbrauchs bei. Im Energieszenario wird davon ausgegangen, dass weiterhin gleichbleibend die entsprechenden 21,8 TWh/a genutzt werden können und damit ein Anteil von knapp 1 % des Stromverbrauchs gedeckt werden kann.

### 5.5 Umgebungswärme und Tiefen-Geothermie

Energiegewinnung aus Geothermie, also Erdwärme, muss in Umgebungswärme und Tiefengeothermie unterschieden werden. Umgebungswärme wird oberflächennah durch Wärmepumpen gewonnen. Diese Pumpen werden mit Strom betrieben, der für die Wärmeerzeugung eingesetzt werden muss. Die Wärmeerzeugung aus oberflächennaher Geothermie bzw. der Umgebungsluft mittels Wärmepumpen, also Umgebungswärme, ist heutzutage bei überwiegend fossil/atomarem Strom in der Gesamtbilanz nur dann positiv, wenn der Quotient aus Wärmeabgabe und aufgenommener elektrischer Energie (die „Arbeitszahl“) über 4,0 ist bzw. Abwärmereservoir aus Abluft oder Abwasser genutzt werden. Damit kaschiert und kompensiert die heutige Wärmepumpenanwendung vielfach nur die ineffiziente Stromproduktion in Großkraftwerken mit Kohle oder Atom.

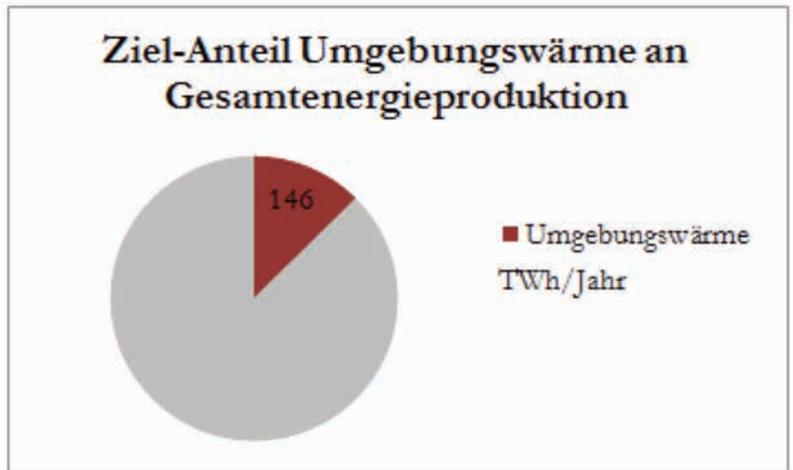
In Einzelobjekten kann eine Kombination des Einsatzes von Wärmepumpen sowohl mit Erdwärmetauscher und Solarthermie erfolgen. Dies zeigt, dass nicht die Wärme-

pumpe als solche eine strategische Option ist, sondern die Frage ist, wie diese Technik im Verbund mit anderen Energieerzeugungen oder -nutzungen verbunden wird. Wärmepumpen können Abwärme aus Abwasser und Abluft (Passivhaus) nutzen, wie auch den Wärmegewinn aus Sonnenkollektoren verstärken.

In Deutschland werden momentan lediglich 0,2% der Fläche von Städten und Ortschaften mit knapp 2,5 Mio. ha für den Entzug von Umgebungswärme genutzt. Im Szenario ist die Steigerung auf 5,9% der besiedelten Fläche vorgesehen, so kann sie einen Deckungsbeitrag von 8,7% leisten und damit den größten Teil des reduzierten Wärmebedarfs für Gebäudeheizung und Warmwasser abdecken. Der Wärmepumpen-Betrieb erfordert jedoch Antriebsstrom, der in Form eines negativen Deckungsbeitrages von 2,9% berücksichtigt ist.

Dies wird sich allerdings zukünftig durch die verlustarme Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien ändern, da bei der Bereitstellung von Strom aus den beiden Hauptquellen Wind und Sonne keine Wandlungsverluste auftreten. Da das sehr begrenzte Angebot an Biobrennstoffen künftig für die Anwendungen vorbehalten werden sollte, in denen eine Substitution fossiler Brennstoffe anders kaum möglich wäre, bildet die an sich hoch effiziente Nutzbarmachung von Umgebungswärme für Gebäude eine hochwillkommene Ergänzung des Energiemixes: Mit einer kWh Antriebsstrom können zwischen 3 bis 4 kWh Nutzwärme bereitgestellt werden.

Tiefengeothermie zur Stromerzeugung ist kostenaufwändig und mit vielen Risiken verbunden, die z.T. heute noch nicht abschätzbar sind. Deshalb stellt sie momentan keine adäquate Alternative dar und spielt in diesem Energieszenario keine Rolle. Es ist allerdings denkbar, dass bis 2050 durch technische Weiterentwicklungen und Senkung des Primärenergiebedarfs ein Teil des theoretischen Potenzials von 15% des Energiebedarfs durch Geothermie gedeckt werden könnte, wenn eine bessere Risikoabschätzung möglich ist und sie sich wirtschaftlich rentiert (BUND 2007). Die Tiefengeothermie kann entgegen vielfacher



Quelle: 100prosim

Abb. 8: Ziel-Anteil Umgebungswärme an Gesamtenergieproduktion

Meinungen letztlich nicht als erneuerbare Energie bezeichnet werden. Einerseits ist das Wärmepotential durchaus im Verhältnis zum Heizwärmebedarf sehr hoch. Andererseits ist nicht nur die Erschließung von Tiefengeothermie aufwändig und relativ teuer, sondern in seiner zeitlichen Nutzung an einem Ort begrenzt. Ist ein Wärmepotential über 30–40 Jahren genutzt worden, muss lange gewartet werden bis es wieder aus benachbarten Erdschichten regeneriert ist. Teilweise bei Tiefengeothermie aufgetretene Erdbeben, Veränderungen im Grundwasser und Probleme mit der Handhabung der mit radioaktiven Stoffen belasteten Tiefengewässer haben zum Abbruch der Projekte geführt.

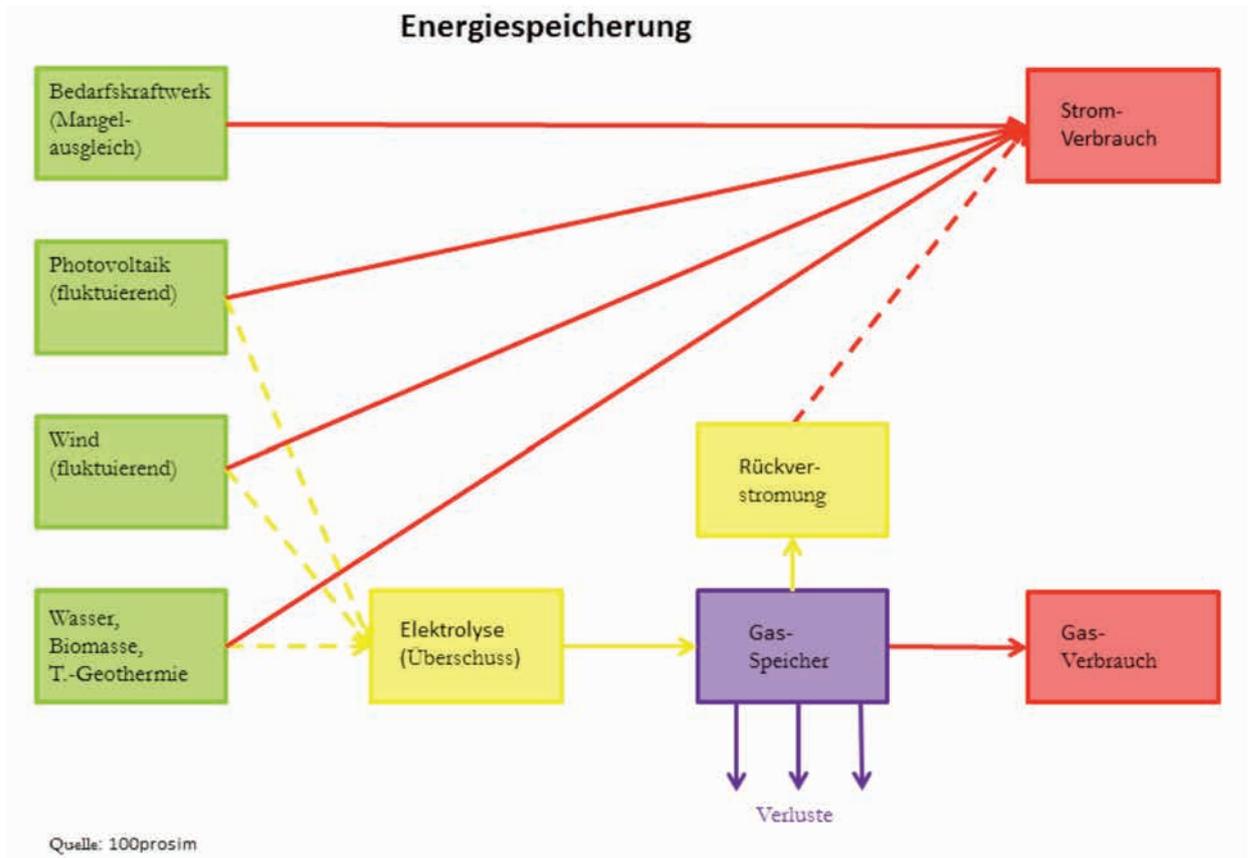


Abb. 9: Energiespeicherung

### 5.6 Versorgungssicherheit durch Stromleitungs- und Stromspeicherbau

Die zeitlich fluktuierenden Stromlieferungen aus Windenergie und – von zunehmender Bedeutung – Solarenergie erfordern eine Anpassung an den weitaus weniger schwankenden Strombedarf, die Behauptung, die Energiewende unterlaufe die Versorgungssicherheit, trifft jedoch nicht zu. Zur Lösung dieser Aufgabe stehen mehrere, sich ergänzende Möglichkeiten zur Verfügung. Auf der Ebene der Stromabnehmer können durch Lastmanagement und Lastverlagerung, z. B. bei Kühlaggregaten, große Mengen des Strombedarfs zeitlich verschoben werden (Speicherwirkung bei der Stromnutzung). Besondere Bedeutung kommt dem breiten Einsatz elektronisch ablesbarer Stromzähler zu („smart metering“). Erste Erfahrungen zeigen, dass die schnelle Rückkopplung der Verbrauchsinformation zu

den NutzerInnen verhaltensbedingte Einsparungen bis zu 20% bewirken kann. Zudem können abschaltbare Geräte mit zeitlich nicht festgelegtem Betrieb nach dem Angebot erneuerbarer Energien gesteuert werden. Hierbei ist der Datenschutz auf hohem Niveau sicherzustellen. Schon heute kann eine recht gute Prognose der fluktuierenden Stromerzeugung aus Windenergie erfolgen. Dieses Prognosesystem kann auch auf Strom aus Sonnenenergie erweitert werden. Das Einsparpotenzial hält sich jedoch in Grenzen, da der Anteil die Energienachfrage in Privathaushalten lediglich 6% der Gesamtenergienachfrage ausmacht. Wiederum nur ein Teil davon kann durch „Smart Meters“ gesteuert werden. (Statistika 2015) Eine wesentliche Rolle spielt zudem die Begrenzung der Stromnachfrage durch Effizienz und ggf. auch Suffizienz.

Möglichkeiten der Stromspeicherung in bestehenden Pumpspeicherwerken, Druckluftspeicherkraftwerken sowie (stationären) Batteriesystemen müssen genutzt und weiter optimiert werden. Gerade das Potenzial für Pumpspeicherwerke ist in Deutschland allerdings aufgrund des Eingriffs in die Natur begrenzt und nicht mehr ausbaubar. Bei Batteriesystemen besteht weiterhin ein großer Forschungsbedarf. Außerdem eignen sich die genannten Speichermöglichkeiten (außer Pumpspeicher) lediglich für die kurzzeitige Speicherung, z. B. in Form eines Tag-Nacht-Ausgleichs. Deshalb wird im Szenario auf Langzeitspeicherung von Energie mit Wasserstoff („Power to Gas to Power“) gesetzt. Dabei wird überschüssiger Strom vor allem aus Windenergieanlagen in Wasserstoff umgewandelt und lässt sich so speichern. Denkbar ist, hierfür bereits vorhandene Speicherkapazitäten zu nutzen, die momentan der Lagerung von Erdgas dienen. Grundsätzlich wäre auch eine weitere Umwandlung von Wasserstoff in Methan denkbar, wodurch Ethanol synthetisch hergestellt werden könnte. Allerdings ist dies momentan nur mit hohen Verlusten machbar, so dass wir dies nicht in das Szenario einbezogen haben. Bei der Umwandlung von Strom aus Wind- oder Solaranlagen in speicherbaren Wasserstoff gibt es einen Wirkungsgrad von 30%. Dies scheint zunächst nicht besonders hoch, allerdings muss beachtet werden, dass es sich um ansonsten nicht nutzbare Energie handelt, deren Verluste keine negativen (Umwelt-) Auswirkungen haben.

Außerdem kann ein Teil der Verluste – wir gehen von 20% aus – in Form von Abwärme durch **Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)** weiter verwendet werden, so dass der Wirkungsgrad auf 50% erhöht wird.<sup>20</sup> Bei KWK wird die bei der Erzeugung von Strom aus thermischen Prozessen (z. B. Verbrennung von Erdgas oder Biomasse) anfallende Wärme beispielsweise zum Heizen von Wohnhäusern verwendet. KWK-Anlagen können flexibel als Ausgleich zur fluktuierenden Stromerzeugung aus Wind und Sonne betrieben werden, verbunden mit Wärmespeichern bieten sie doppelte Versorgungssicherheit. Es liegt nahe und ist effizient und netzentlastend, wenn KWK-Strom im Gebäude der Anlage oder im Umfeld (Siedlung, Gewerbegebiet) ge-

nutzt wird. Der Anteil der Nutzung von KWK könnte deutlich höher sein. Allerdings ist zu beachten, dass die Abwärme nicht über weite Strecken transportiert werden kann und Passivhäuser (siehe Abschnitt 6) zudem keinen Bedarf an externer Wärme haben.<sup>21</sup>

Der Umbau der Elektrizitätswirtschaft hin zu einem nachhaltigen, auf regenerativen Energien basierenden System macht auch die **Anpassung des Stromnetzes** notwendig. Die bisher an den fossilen Großkraftwerken orientierte Leitungsführung passt z. B. nicht zu den Erfordernissen einer zukünftigen Versorgung aus Offshore-Windenergieanlagen und den künftigen Stromspeichern, soweit sie nicht dezentralisierbar sind. Zudem müssen dezentrale Strukturen zur verbrauchsnahe Verbindung und Stromlaststeuerung zwischen ErzeugerInnen und VerbraucherInnen gestärkt werden. Hochspannungsleitungen, die angeblich für Strom aus Windenergie geplant werden, dürfen nicht zum Vehikel für Strom aus neuen Kohlekraftwerken werden. Zielpunkt der Energieversorgung und Grundlage für eine Stromnetzplanung auf regionaler und überregionaler Ebene muss aber stets eine effiziente dezentrale Energieversorgung sein. Durch Senkung des Stromverbrauchs und örtliche Stromerzeugung kann der Bedarf für den Ausbau der Stromtransportnetze gegenüber dem Bundesbedarfsplan 2013 um mehr als das Vierfache gesenkt werden (vgl. Agora Energiewende 2014).

Je mehr die Energienachfrage durch Effizienz und Suffizienz verringert wird (dazu Abschnitt 6 und 7), desto geringer fällt also der Leitungs- und Speicherbedarf aus. Besteht man nicht auf vollständiger Energieautonomie in Deutschland, wird die Speicherung ferner dadurch erleichtert, dass andere Länder wie Norwegen aufgrund ihrer topographischen Gegebenheiten relativ leicht große Speicherkapazitäten bauen könnten. Eine Rolle bei der späteren politischen Entscheidung, wie sehr auf Leitungen und wie sehr auf Speicher gesetzt wird, muss auch eine Gesamtökobilanz von Stromleitungen und Speichern angestrebt werden – die rein energiepolitische Betrachtung reicht auch hier nicht aus.

### **5.7 Weitere Hinweise zu bisherigen stofflichen Nutzungen fossiler Brennstoffe sowie zu anderen Treibhausgasen als Kohlendioxid**

Technische Weiterentwicklungen sind nicht nur in den Sektoren Strom, Wärme und Treibstoff denkbar, sondern auch bei den bisherigen stofflichen Nutzungen fossiler Brennstoffe. Über die energetische Nutzung fossiler Brennstoffe hinaus werden heute in der Petrochemie vor allem Erdöl, aber auch Erdgas und Kohle mit einem Energiegehalt von 271 TWh jährlich (Wert von 2012 gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen) als Grundstoff verwendet. Dazu gehören die Erzeugung von Mineraldüngern, Drogerie- und Pharmazieprodukten oder Kunststoffen. Im vorliegenden Szenario wurde die Erzeugung von Kohlenwasserstoffen aus synthetischem Wind- und Solarwasserstoff (vgl. Abschnitt 5.6) in einer Höhe von rund 56 TWh vorgesehen, um fossile Ressourcen zu ersetzen (UBA 2013b). Das sind lediglich 21 % der heutigen Menge.

Durch verstärkte Verwendung von Holz anstelle von Kunststoffen ließe sich der Substitutions-Anteil erheblich erhöhen. Da im Szenario nur 20 % des jährlichen Holzzuwachses für energetische Nutzung vorgesehen sind, stünde mindestens ein ebenso großer Anteil für die stoffliche Verwendung zur Verfügung, ohne den Wald zu übernutzen. Dagegen ist die landwirtschaftliche Erzeugung von Pflanzen zur stofflichen Verwendung zwar denkbar, erscheint aber wegen der Nutzungskonkurrenzen nur in sehr begrenztem Umfang möglich. Entscheidend wird die Verringerung der Nachfrage an Kunststoffen sein, etwa durch Vermeidung von Wegwerfartikeln und Einwegverpackungen, durch langlebigere Produkte oder einfach auch durch Verzicht auf bestimmte Produkte mit geringem Mehrwert für das Lebensgefühl. Hier besteht also weiterer Bedarf zur Steigerung der Effizienz der Verwendung fossiler Brennstoffe und zur Entwicklung von Alternativen. Ein weiterer Hinweis ist wichtig. CO<sub>2</sub> macht 76 % der THG-Emissionen weltweit aus, aber auch Methan (16 %), F-Gase (2 %) und Stickoxide (6 %) sind für den Treibhauseffekt relevant (IPCC 2014). Diese sind im Szenario nicht rechnerisch berücksichtigt. Einige, vor allem Methan und Stickoxide, die aus der Landnutzung entstehen, werden

auch langfristig nicht völlig vermieden werden können. Andere allerdings werden sich durch den Verzicht auf fossile Brennstoffe ebenfalls erheblich reduzieren, erstens dadurch dass Warenströme und -produktion verringert werden, zweitens durch die Umstellung von Herstellungsprozessen auf solche, die weniger emissionsintensiv sind und drittens durch die Nutzung anderer Produktmaterialien, wie z. B. Holz.

## 6 Senkung des Energiebedarfs: Effizienz und Suffizienz

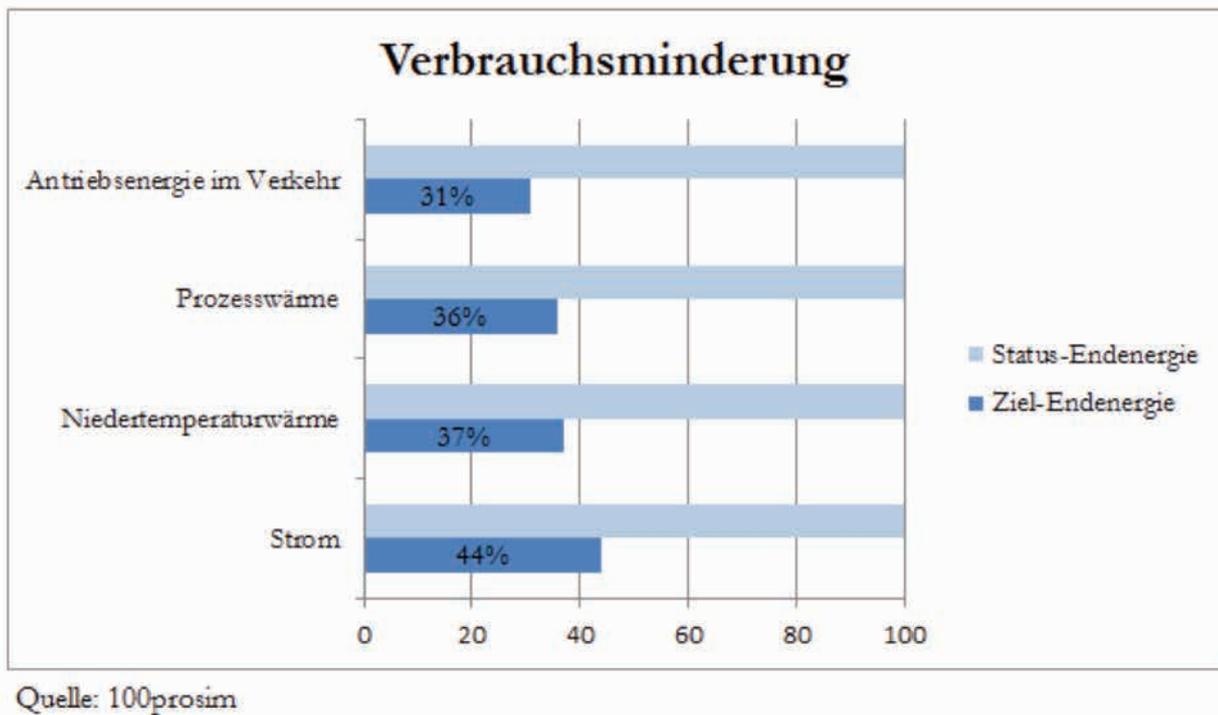


Abb. 10: Verbrauchsminderung

Der bis hierher vorgenommenen mathematischen Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass, wie sogleich näher darzulegen ist, 63 % der Energie gegenüber der deutschen Nachfrage von 2011/2012 eingespart werden können. Nur so kann eine Energieversorgung nachhaltig und aus erneuerbaren Quellen gewährleistet werden, ohne die Gewinnung erneuerbarer Energien auszuweiten. Dabei sind 54 % der aktuellen Energienachfrage durch erneuerbare Energien bereit zu stellen; weitere Verluste ergeben sich durch die Stromspeicherung.

Die Bereitstellung fossiler Energieträger hing zunächst von der Fördermenge ab, die Grenzen der Energieproduktion waren also scheinbar relativ zu dem Aufwand, der für die Förderung eingesetzt wurde und damit quasi grenzenlos. Dies hat zu einer Rohstoffausbeutung im großen

Stil und schließlich zu der Perspektive von Ressourcenknappheit und eben auch zum Problem Klimawandel geführt. Erneuerbare Energiequellen sind trotz ihres regenerativen Charakters in der Jahresmenge ebenfalls absolut begrenzt, nicht zuletzt durch die zur Verfügung stehende Fläche, auch wenn sie sich dabei nicht verbrauchen. Daraus ergibt sich ein begrenztes Potenzial zur Energiegewinnung, an das der Verbrauch angepasst werden muss. Dieser Umstand und die Größe der Herausforderung bei den angestrebten Emissionsreduktionen (bis zu 95 % einschließlich Landnutzungs- und Industrie-Emissionen) zwingen dazu, die erneuerbaren Energien durch Energieeffizienz und ggf. auch durch Verhaltensänderungen, also durch Suffizienz, zu flankieren. Die nachstehenden Zahlen geben also zunächst an, wie viel Energieeinsparung (egal ob durch Effizienz oder Suffizienz) noch nötig wäre, um den bisherigen Energiebedarf zu befriedigen, wenn die

Nutzung erneuerbarer Energien im eben beschriebenen Maße – und nicht in einem weitergehenden Maße, etwa durch Offshore-Windenergie – erfolgen sollte.

Im Folgenden werden Maßnahmen dargestellt, um die Endenergienachfrage gegenüber 2011 mit ihrem angenommenen Einsparpotenzial entsprechend zu senken. Dabei werden zunächst Maßnahmen zur Effizienzsteigerung erwähnt, also solche Einsparungen, die aufgrund von technischem Fortschritt und technischen Verbesserungen bei der Energieausnutzung erreicht werden können, etwa durch technisch bessere Häuser, Autos, Elektrogeräte usw. Diese allein werden jedoch wie beschrieben voraussichtlich nicht ausreichen, um eine Deckung von Energiepotenzial und -bedarf zu erreichen. Deshalb werden auch Maßnahmen genannt, die Verhaltensänderungen und eine Anpassung der Wirtschafts- und Lebensweisen erfordern. Hier wird durch die Förderung von Öffentlichem Personennahverkehr, Radverkehr, das Reparieren statt Ersetzen von Geräten oder eine fleisch- und milchproduktarme Ernährung der Energieverbrauch insgesamt gesenkt.

Im Bereich der **Stromversorgung** ergibt sich ein großer Teil der Energieeinsparung aus der Nutzung effizienterer elektrischer Geräte und elektrisch betriebener Maschinen. Durch Effizienzsteigerungen wird eine Einsparung von 33 % des Stromverbrauchs angenommen. Dies ist allerdings nur dann eine leicht erreichbare Option, wenn die Existenz sparsamerer Geräte nicht zu einer intensiveren Nutzung führt (Rebound-Effekt); das damit verbundene Problem „größerer Wohlstand erzeugt größere Emissionen“ wird im nächsten Abschnitt separat behandelt.

Die Möglichkeit von KWK ist bereits im Abschnitt zur Umwandlung von Strom in Gas erwähnt worden. Außerdem sollten neue thermische Kraftwerke jeglicher Größe – wo sie noch eingerichtet werden – weitestgehend mit voller KWK-Nutzung errichtet werden. Jegliche Planung eines Wärmebedarfs bzw. jede Erneuerung einer Heizungsanlage sollte mit der Prüfung des KWK-Einsatzes verbunden werden. Da größere KWK-Anlagen ökonomischer sind als kleine Anlagen, sollten sie mit dem Auf- oder Ausbau von Wärmenetzen und Wärmespeichern verbunden sein. Hierbei ist aller-

dings zu berücksichtigen, dass die Anzahl größerer Anlagen und Verbrennungsprozesse insgesamt in unserem Szenario abnimmt. So ist davon auszugehen, dass dann nur noch ein Zehntel des gegenwärtigen Niedrigtemperaturwärmebedarfs durch KWK abdeckbar sein wird.<sup>22</sup>

Weitere 50 % der Stromnachfrage von Industrie und Gewerbe ist dadurch einzusparen, dass, zusätzlich zu den Einsparungen durch technische Weiterentwicklung, Geräte intelligenter genutzt und damit die Produktionsmengen samt Energieverbrauch verringert werden. Dies bezieht sich auf die Nutzungsdauer und den Nutzungsgrad eines Geräts. Als Beispiel für die Nutzungsdauer können Mobiltelefone dienen, die oft bereits ausgetauscht werden, bevor sie irreparabel unbenutzbar werden – und auch insgesamt ist zu vermuten, dass Geräte zu schnell kaputt gehen (geplante Obsoleszenz; vgl. UBA 2014). Der Nutzungsgrad von Geräten wird auch dadurch erhöht, dass sie geteilt werden, z. B. durch das Verleihen einer Bohrmaschine in der Nachbarschaft, oder die gemeinsame Nutzung eines Handrührgeräts in einer Wohngemeinschaft. Daraus ergibt sich eine geringere Warenproduktion, auf deren Auswirkungen im Folgenden genauer eingegangen wird.

Einsparungen durch eine derart intelligente Nutzung lassen sich in gleichem Maße auch bei der **Prozesswärme** erzielen, die zu 93 % für thermische industrielle Prozesse benötigt wird. Dies ist insgesamt eine recht ambitionierte Annahme, da bei einer Reihe von Produkten die Verlängerung/Intensivierung der Nutzung kaum vorstellbar ist (Lebensmittel).

Erhebliche Einsparungen (63 % gegenüber 2011/2012) lassen sich auch im Bereich der **Niedertemperaturwärme** erzielen, die heute zu 87,6 % für Raumwärme in Haushalten benötigt wird und nur zu 12,4 % für Warmwasser. Hier werden zwei unterschiedliche zukunftsfähige Wärmeschutzklassen unterschieden, die beide bereits Stand der Technik sind.<sup>23</sup>

Aktuell werden Heizungs- und Warmwasserenergie heute größtenteils durch fossile Brennstoffe bereitgestellt. Da Biobrennstoffe in wesentlich geringerem Maß verfügbar

sein werden, bietet sich eine weitgehende Deckung des Bedarfs durch Solarthermie und Umgebungswärme an. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, dass ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden kann und durch die räumlich nahe Verwendung nur geringe Verluste entstehen. Das Energieszenario setzt, im Gegensatz zum aktuellen Trend, voraus, dass die Wohnfläche pro Person auf aktuellem Niveau stagniert. Hierbei ist nicht berücksichtigt, welche Raumtemperatur in Haushalten durchschnittlich angestrebt wird, da dies abhängig vom Dämmungsgrad und energetischen Standard der Bausubstanz sehr unterschiedliche Auswirkungen haben kann. In Bauten ohne gute energetische Sanierung ist jedes Grad Celsius mehr, auf das im Winter geheizt wird, mit erheblichem Heizenergieaufwand verbunden. Wir plädieren hier dafür, die Raumtemperatur auf maximal 20 Grad Celsius zu halten und bedarfsgerecht zu heizen (kühlere Temperaturen z. B. in Schlafräumen; vgl. UBA 2013a). In Passiv- und Niedrigenergiehäusern mit kontrollierter Be- und Entlüftung dagegen ist die Absenkung der Temperatur einzelner Räume energetisch weitgehend wirkungslos.

Die größten Einsparpotenziale finden sich allerdings im Verkehrssektor bezüglich der **Antriebsenergie**. Der Straßen- und Schienenverkehr ist mit einem Anteil von nahezu 84% am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor Deutschlands der mit Abstand bedeutendste Bereich. Individual- und öffentlicher Verkehr werden hier als Summe betrachtet. Ein entscheidender Faktor für den künftigen Energiebedarf ist die Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr. Mit dem getroffenen Zielansatz von minus 20% gegenüber heute würde eine erhebliche Einschränkung bei der gewohnten motorisierten Verkehrsleistung in Kauf genommen. Und das, obwohl die Personen- und besonders die Güterverkehrsleistung in den letzten Jahrzehnten erheblich gewachsen ist, verbunden mit dem Lebensgefühl einer freizügigen Mobilität, individuellen Warenlieferungen und der Erwartung weiterer Fortschritte für die Zukunft. Die Begrenzung wurde vor dem gedanklichen Hintergrund gewählt, dass einerseits mit der Verlangsamung des Warenstromes sich die verringerte Erwerbsarbeit in einer kürzeren Erwerbsarbeitswoche und damit in verringerten Arbeitswegen niederschlägt und dass andererseits

wieder mehr Wege mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt werden (siehe auch Abschnitt 8).

Auf den Luftverkehr entfällt mit 14,1% zwar ein recht überschaubarer Anteil am Energieverbrauch im Verkehr. Allerdings ist in diesem Bereich die Substitution fossiler Kraftstoffe besonders kritisch und deshalb Effizienz und Suffizienz besonders relevant. Mit batteriebetriebenen Elektro Flugzeugen werden aus heutiger Sicht keine nennenswerten Verkehrsleistungen zu erbringen sein. Der Betrieb entsprechend modifizierter Triebwerke mit Wind bzw. Solarwasserstoff ist zwar prinzipiell möglich (siehe Projekt Cryoplane), würde aber wegen der geringen volumetrischen Energiedichte von Wasserstoff eine erheblich geringere Transportkapazität und damit Effizienz aufweisen und wäre auch in der Handhabung des auf unter 252 Grad Celsius gekühlten Flüssiggases wesentlich aufwändiger. Durch Methanisierung von Wind bzw. Solarwasserstoff (Power to Gas) und anschließende Veredelung zu Flüssigtreibstoffen ließen sich zwar Kerosin und Benzin synthetisieren, allerdings unter erheblichen Wandlungsverlusten. Darüber hinaus muss der für die Synthese erforderliche Kohlenstoff bereitgestellt werden, wobei die fossilen Stoffe wegen der Klimarelevanz ausscheiden. Als bestgeeignete Quellen erscheint das im Biogas enthaltene CO<sub>2</sub> (nahezu der halbe Volumenanteil), das ohne weiteres verwendet werden kann. Weiterhin könnte das CO<sub>2</sub> aus Biomasse Verbrennung aufgefangen und gereinigt werden, was allerdings schon deutlich höheren technischen Aufwand erfordert und mit Verlusten verbunden wäre. Aber beide genannten Quellen zusammen würden bei weitem nicht den reduzierten Kraftstoffbedarf decken können. Um die Lücke zu schließen, könnte CO<sub>2</sub> aus der Luft gewonnen werden, wegen des hohen Energieaufwandes allerdings um den Preis eines indiskutabel niedrigen Wirkungsgrades.

Es bleibt als am ehesten in Frage kommende Lösung der Betrieb mit Biotreibstoffen, deren Eigenschaften den heute verwendeten mineralischen Treibstoffen weitgehend angeglichen werden können und die wegen der mit Abstand höchsten Flächenerträge am besten aus Biogas bzw. Biomethan erzeugt werden können. Dies wird in diesem

Szenario angenommen. Um mit dem eng begrenzten Biogas Potenzial auszukommen, wurde eine Minderung der Luftverkehrsleistung auf 70% gegenüber heute als Ziel angesetzt. Dass zumindest noch diese Verkehrsleistung aufrechterhalten werden kann, ist in diesem Szenario nur durch die weitgehende Umstellung des Straßen-/Schienenverkehrs auf Elektroantriebe und den völligen Verzicht auf die heute übliche Biogas-Verstromung möglich geworden. Mit dem Zielansatz wurde eine erhebliche Einschränkung bei Flugreisen in Kauf genommen. Und das, obwohl die Personen Verkehrsleistung in den letzten Jahrzehnten erheblich gewachsen ist, verbunden mit dem Lebensgefühl freizügiger Fernreisemöglichkeiten und einem reichen Angebot von per Luftfracht transportierten Waren. Relativ zum heutigen Endenergieverbrauch im Verkehrssektor resultiert aus den Ansätzen ein künftiger Bedarf wie folgt: In Form von Kraftstoff 11 % (gerundet; Straße/Schiene 3,2% und Luftverkehr 7,4%); in Form von Strom 20 % (ausschließlich Straße/Schiene).<sup>24</sup>

Durch diese Mischung aus primär Effizienzsteigerung, gelegentlich aber auch schon Verhaltensänderungen wäre es möglich, die Energienachfrage um 62,9% auf 37,1% gegenüber dem heutigen Stand zu senken. Diese Zahl erscheint angesichts der technischen Entwicklung moderat, und sie klingt vermeintlich danach, als wäre der rein technische Weg über die Energieeffizienz möglich, also quasi ohne Verhaltensänderungen. Jedoch wurde oben schon gezeigt, dass bei „normalem“ weiterem jährlichem Wirtschaftswachstum nicht allein der heutige Energieverbrauch, sondern ein gedachter deutlich höherer Energieverbrauch des Jahres 2050 (der bei jährlichen Wachstumsraten in der heutigen Größenordnung rund das Doppelte des heutigen Energieverbrauchs betragen könnte, bei einem Abkommen vom Weg der Wachstumsgesellschaft allerdings auch relativ in der Nähe der heutigen Energienachfrage liegen könnte) befriedigt werden müsste. Dementsprechend dürfte mathematisch eine Effizienzsteigerung quer durch alle Lebensbereiche nicht allein um den Faktor 2,5 (wie dies einer Reduktion von 60% entspricht), sondern um einen Faktor von etwa 5 angezeigt sein. Ob dieser in allen (!) Lebensbereichen gelingt, ist selbst bei optimistischen Annahmen

über technische Innovationen zweifelhaft, allerdings auch nicht ganz ausgeschlossen. Das, was davon nicht erreicht wird, wird durch Suffizienzleistungen erbracht werden müssen, also durch Verhaltensänderungen. Ob stattdessen die Menge bereitgestellter erneuerbarer Energien entsprechend erhöht werden könnte, ist eine komplizierte Frage; allerdings könnte dies schwierig werden, auch weil zusätzliche erneuerbare Energien (ggf. auch aus Offshore-Windenergie und Geothermie) schon zur Abdeckung des im folgenden Abschnitt ausgewiesenen gesonderten Bedarfs benötigt werden. Wegen eines möglicherweise (auch aus klimapolitischen Gründen) abflachenden Wirtschaftswachstums könnte die benötigte Zahl am Ende vielleicht auch etwas geringer ausfallen; sie könnte allerdings auch höher ausfallen.

Durch angemessene Fortschritte bei Effizienz und Suffizienz wird auch sichergestellt, dass ökologisch ambivalente Technologien wie Elektromobilität (die bisher z. B. mit einem hohen Ressourcenverbrauch in der Herstellung einhergeht) und Bioenergie nur in einem quantitativ verträglichen Ausmaß genutzt werden. Und dass nicht mehr Stromleitungen und Speicher konstruiert werden als nötig.

Ein weiterer genereller Hinweis ist nötig. Wie viel Energie nachgefragt wird, hängt auch davon ab, wie viele Verluste oder Effizienzgewinne durch Stromnetzausbau, Lang- und Kurzzeitspeicherung sowie durch Flexibilisierung der Nutzung entstehen. In diesem Szenario wurde lediglich die erforderliche Langzeit-Stromspeicherung zur Angleichung der stark schwankenden Tagesproduktionsmengen von Wind- und Solarstrom an den jeweiligen Strom-Endverbrauch bei der Ermittlung der Stromnachfragemengen berücksichtigt. Nach der in der vorliegend verwendeten Methodik durchgeführten Simulation in Tagesscheiben müssen in den Phasen mit Überangebot 26,9% der gesamten jährlichen Stromproduktion in Wasserstoff gewandelt werden, um die Mangelphasen durch Rückverstromung ausgleichen zu können. Für die gesamte Wandlungskette Wasserelektrolyse – Einspeicherung – Speicherverluste – Rückverstromung resultiert ein Gesamtwirkungsgrad von 29,6%. Die vergleichsweise hohen Wandlungsverluste sind in der Kalkulation berücksichtigt.<sup>25</sup>

## 7 Notwendigkeit weiterer Anstrengungen aufgrund von Energieimporten und Landnutzungsemissionen

Über das damit dargelegte Szenario hinaus sind noch mehr erneuerbare Energien, mehr Effizienz und/oder mehr Suffizienz nötig, ohne dass dies – in Ermangelung einer klaren Datengrundlage – konkret für Deutschland hier im Einzelnen quantifiziert wird. Dies ergibt sich aus einem schon erwähnten Umstand: Im vorliegend durchgerechneten Szenario wird, wie eingangs erwähnt, die Endenergieperspektive innerhalb Deutschlands dargestellt. Darin ist jedoch eine erhebliche Verzerrung zu unseren Gunsten in Saldierung von Im- und Exporten enthalten. Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung errechnet für die EU insgesamt, dass allein im Zeitraum 1990 bis 2008 der bloße Zuwachs des Saldo von Im- und Exporten, also die zusätzlichen (!) Produktionsverlagerungen, die gesamte statistische Emissionsreduktion der EU-Staaten in Höhe von 10% überstiegen haben (Edenhofer u. a. 2011). Dies ist also nicht einmal die Gesamthöhe der Verzerrung durch den internationalen Handel, sondern lediglich das, was zu dieser Verzerrung von 1990 bis 2008 hinzugekommen ist. Da die sukzessive Umgestaltung westlicher Industriestaaten zu Dienstleistungsgesellschaften ebenso weitergeht wie der industrielle Aufschwung in den Schwellenländern, ist eine weitere Verschärfung dieser Verzerrung wahrscheinlich.

Die somit im niedrigen zweistelligen Prozentbereich liegende Verzerrung, so schwer sie auch exakt zu fassen ist, sollte grundsätzlich ausgeglichen werden.<sup>26</sup> Viele Produkte, die wir konsumieren, werden nicht in Deutschland hergestellt oder entsorgt. So entsteht ein erheblicher Energiebedarf mit den damit verbundenen Treibhausgasemissionen für Ressourcenbereitstellung, Produktion und Transport außerhalb unseres direkten Einflussbereiches auf nachhaltige Energiegewinnung. Daran – und an der möglichen Vorbildwirkung der Energiewende für andere Länder – lässt sich auch ersehen, dass Deutschlands Verhalten in der Welt mitnichten unbedeutend ist. Ähnliche Probleme mit solchen räumlichen Verlagerungseffekten bestehen übrigens für andere Ressourcenfragen, etwa in der Textil- und der Lebensmittelindustrie auch jenseits der energetischen Relevanz jener Industriezweige. Eine verstärkte Nutzung der Offshore-Windenergie und der Geo-

thermie oder alternativ mehr Suffizienz (oder mehr Effizienz, sofern technisch noch möglich) wären Wege, um den so entstehenden Bedarf zu decken, in geringem Umfang ggf. auch (siehe schon Abschnitt 3) Aufforstungen.

Um bis zu 95% Treibhausgasemissionsreduktionen zu erreichen, müssen wir auch bei den Klimagasemissionsreduktionen in der Landnutzung deutlich besser werden. Landnutzung erzeugt Emissionen nicht nur durch den Einsatz fossiler Energie für die Mineralölproduktion (dies ist oben bereits berücksichtigt), sondern beispielsweise auch durch die Bearbeitung von Böden und durch Landnutzungsänderungen. Quellen dafür sind etwa die Bewirtschaftung von Böden, bei der gebundenes CO<sub>2</sub>, Methan und Lachgas freigesetzt wird. Rund 40% der Kalorien, die wir in Deutschland durchschnittlich konsumieren, stammen aus Fleisch und anderen tierischen Produkten (siehe BUND u. a. 2014a). Methanausstoß, v. a. von Rind und Schwein, macht dabei den größten Teil der Emissionen aus, gefolgt von Emissionen, die bei der Herstellung von Futtermitteln entstehen. Eine weitere Quelle von Treibhausgasemissionen ist die Bewirtschaftung von Regenwaldflächen für die Rinderhaltung oder den Anbau von Soja als Futtermittel. Für einen erheblichen Anteil sind auch Milch- und Milchprodukte verantwortlich. Allerdings können auf Weideland gehaltene Tiere helfen, diese Flächen zu nutzen und einen emissionsintensiven Umbruch zu verhindern. Vor dem Hintergrund einer klimaverträglichen Tierhaltung bedeutet das dennoch eine wesentlich geringere Herdengröße (siehe BUND u. a. 2014a). Ein Verzicht oder eine starke Reduzierung des Konsums von Fleisch und tierischen Produkten muss also weiterer Bestandteil einer nachhaltigen Lebensweise sein. Grundsätzlich haben zudem Lebensmittel aus lokaler oder regionaler Produktion eine bessere Klimabilanz, als solche, die bereits ihren Weg um die halbe Welt gemacht haben. Biologische Landwirtschaft kommt außerdem ohne künstliche, energieintensive Dünger aus und emittiert tendenziell durch eine schonendere Bodenbearbeitung weniger CO<sub>2</sub>, Methan und Lachgas.

## 8 Energiewende und Wirtschaftswachstum

In der Diskussion um eine Energiewende stehen häufig finanzielle Aspekte im Vordergrund. An verschiedenen Stellen ist bereits deutlich geworden, dass Klimaschutz in einem Spannungsverhältnis zur heute alles dominierenden Wachstumsidee steht. Denn wenn es zutrifft, dass Suffizienz, also Verhaltensänderungen, ein wesentlicher Teil der Energiewende sein wird, dann kann – wie bereits im Abschnitt 3 erläutert – weniger verkauft werden (etwa weniger Urlaubsflüge), was einen ungeplanten Übergang zu einer Postwachstumsgesellschaft bedeuten könnte. Dies erfordert intelligente Lösungskonzepte für gesellschaftliche Bereiche, die bisher teilweise vom Wachstum abhängen, etwa für den Arbeitsmarkt, die Staatsverschuldung, die Rentenversicherung und das Bankenwesen mit seinem Zinssystem. Dies wird nicht einfach; eine Alternative hierzu ist jedoch nicht ersichtlich angesichts der verheerenden – auch ökonomischen – Folgen, die sich ergeben würden, wenn man stattdessen den Klimawandel weiter laufen lassen würde.

Konzepte von „qualitativem“ oder „grünem“ Wachstum, also einem wirtschaftlichen Wachstum, das vom Ressourceneinsatz entkoppelt ist, werden dieses Problem mit einer erheblichen Wahrscheinlichkeit nicht vollständig beseitigen. Neue Technologien wie erneuerbare Energien und Energieeffizienz versprechen (anders als Suffizienz) betriebs- und volkswirtschaftlich gerade Gewinne und schaffen auch Arbeitsplätze, doch muss auch der Wegfall der bisherigen fossilen Wirtschaft kompensiert werden. Ein dauerhafter Wachstumspfad ist die Energiewende voraussichtlich nur dann, wenn sie weitestgehend auf technischem Wege gelingt; ausgeschlossen werden kann dies angesichts der Ungewissheit künftiger technischer Entwicklungen nicht, es bestehen daran wie gesehen allerdings durchaus Zweifel. Ewiges Wachstum bleibt in einer physikalisch endlichen Welt eine zweifelhafte Vorstellung. Auch erneuerbare Energien und Ressourcen für Solarpanels und Elektroautos, wie im Abschnitt 3 zu Technik und Verhaltensänderungen dargelegt, stehen nicht unendlich zur Verfügung. Das spricht wohlgerne in keiner Weise gegen die Energiewende, die zu einem Großteil mit technischen (und damit vorerst noch wachstums-

kompatiblen) Maßnahmen möglich sein wird. Es zeigt jedoch, dass sich die Energie- und Klimadiskussion nicht gegen die Frage nach den Wachstumsfolgen immunisieren kann.

Wenn Suffizienz zum Ende der Wachstumsgesellschaft führen könnte, könnte daraus kurzschlüssig gefolgert werden, dass die Energie- und Klimawende dann wohl doch nicht, wie in Abschnitt 1 aufgezeigt, wirtschaftlich sinnvoll ist. Doch das stimmt nicht. Wirtschaftlich sinnvoller als eine Welt fortlaufender und zunehmender Schäden aufgrund der fossilen Brennstoffe ist ein geplantes, schrittweises wirtschaftliches Umdenken im Sinne einer ernsthaften Energie- und Klimawende eindeutig. Zudem ist wie gesagt nicht endgültig klar, ob wirklich Suffizienz nötig sein wird, auch wenn vieles dafür spricht.

## 9 Bedingungen gesellschaftlichen Wandels: Wechselspiel der AkteurInnen

**D**amit ist die reale Transformation hin zur Nachhaltigkeit nicht ganz einfach durchzusetzen. Bei PolitikerInnen, UnternehmerInnen und BürgerInnen/KonsumentInnen – oft teufelskreisartig aneinander gekoppelt – erscheint dabei fehlendes Wissen oft als das geringere Hindernis. Wichtig sind vielmehr bei PolitikerInnen, UnternehmerInnen und WählerInnen/KonsumentInnen gleichermaßen verschiedene Faktoren: Normalitätsvorstellungen<sup>27</sup>, Gefühle (Bequemlichkeit, fehlende raumzeitliche Fernorientierung, Verdrängung, schwierige Vorstellbarkeit hochkomplexer Kausalitäten zwischen kleinsten Alltagshandlungen und Konsequenzen wie dem Klimawandel usw.), Eigennutzen<sup>28</sup>, tradierte Werte, Pfadabhängigkeiten, Kollektivgutstruktur<sup>29</sup> zentraler Nachhaltigkeitsprobleme wie des Klimawandels u.a.m. All jene Faktoren zeigen sich „in den Individuen“ und zugleich als gesamtgesellschaftliche (letztlich weltweite) „Struktur“.

Eine Wende hin zu mehr Klimaschutz benötigt deshalb alle AkteurInnen. Nötig ist ein Wechselspiel von besseren politisch-rechtlichen Vorgaben und einem Prozess des sozialen Wandels bei uns allen. Gemeint ist damit kein ausschließlich intellektueller Wandel (Wissen allein hat wie erwähnt nur eine begrenzte Relevanz), sondern ein Wandel der real gelebten Normalitäten, ein Überdenken emotionaler Restriktionen, klassischer Werthaltungen und bestimmter Interpretationen von Eigennutzen. Nur eine bessere Politik und jener soziale Wandel im wechselseitigen Einfluss aufeinander können die Teufelskreise durchbrechen. Die Individuen sind dabei sowohl als KonsumentInnen wichtig, als auch als WählerInnen, als Aktive in Parteien und Vereinen, als InternetaktivistInnen, als GesprächspartnerInnen im persönlichen Umfeld und als DemonstrantInnen. Passiert bei den BürgerInnen nichts, wird auch eine andere Politik nur schwer durchsetzbar sein. Umgekehrt führen politisch-rechtliche Vorgaben auch zu einem veränderten Verhalten der Einzelnen. Dass Politik gänzlich ohne Druck „von unten“ zustande kommt, ist ebenso unwahrscheinlich wie eine Lösung des Problems allein durch Handeln der Einzelnen ohne Druck „von oben“. Dies ergibt sich aus den im letzten Absatz beschriebenen motivationshinderlichen Faktoren. In Wirklichkeit ist das

Wechselspiel durch weitere AkteurInnen wie Unternehmen natürlich noch etwas komplexer.

# 10 Politische Maßnahmen für eine wirksame Energiewende

**A**ufbauend auf die Einsicht in ein notwendiges Wechselspiel zwischen verschiedenen Handelnden werden nachstehend Handlungspotenziale der einzelnen AkteurInnen aufgezeigt. Damit werden Möglichkeiten für das Handeln der Einzelnen und der Unternehmen formuliert, Handlungsoptionen für Kommunen aufgezeigt, insbesondere aber auch politische Forderungen entwickelt. Wir beurteilen Maßnahmen dabei danach, was sie leisten können, wenn sie richtig ausgestaltet sind – wir kritisieren also beispielsweise die deutsche Ökosteuer nicht so, dass sie zu niedrig sei und deshalb Ökosteuern witzlos seien, denn man kann schließlich eine Erhöhung der Steuer vorschlagen.

Wir verzichten bewusst darauf, einen exakten Zeitplan für den Einsatz von Instrumenten sowie eine quantifizierte Emissionsreduktion anzugeben, die wir mit einer einzelnen Maßnahme verbinden. Solche Berechnungen sind bei Regierungen und EU-Institutionen immer wieder anzutreffen, sie wären jedoch in einer hochkomplexen globalisierten Ökonomie und ihrer vielfältigen Wechselwirkungen nur mit einer Fülle angreifbarer Vorannahmen möglich. Zudem werden Emissionsreduktionen häufig nur durch die Kombination verschiedener Instrumente möglich sein, ohne dass klar gesagt werden kann, welches der beteiligten Instrumente welche Anteile erbringt – etwa dann, wenn man eine Bepreisung von Ressourcen mit stadtplanerischen Maßnahmen verbindet.

**A**ufbauend auf die Einsicht in ein notwendiges Wechselspiel zwischen verschiedenen Handelnden werden nachstehend Handlungspotenziale der einzelnen AkteurInnen aufgezeigt. Damit werden Möglichkeiten für das Handeln der Einzelnen und der Unternehmen formuliert, Handlungsoptionen für Kommunen aufgezeigt, insbesondere aber auch politische Forderungen entwickelt. Wir beurteilen Maßnahmen dabei danach, was sie leisten können, wenn sie richtig ausgestaltet sind – wir kritisieren also beispielsweise die deutsche Ökosteuer nicht so, dass sie zu niedrig sei und deshalb Ökosteuern witzlos seien, denn man kann schließlich eine Erhöhung der Steuer vorschlagen.

Wir verzichten bewusst darauf, einen exakten Zeitplan für den Einsatz von Instrumenten sowie eine quantifizierte

Emissionsreduktion anzugeben, die wir mit einer einzelnen Maßnahme verbinden. Solche Berechnungen sind bei Regierungen und EU-Institutionen immer wieder anzutreffen, sie wären jedoch in einer hochkomplexen globalisierten Ökonomie und ihrer vielfältigen Wechselwirkungen nur mit einer Fülle angreifbarer Vorannahmen möglich. Zudem werden Emissionsreduktionen häufig nur durch die Kombination verschiedener Instrumente möglich sein, ohne dass klar gesagt werden kann, welches der beteiligten Instrumente welche Anteile erbringt – etwa dann, wenn man eine Bepreisung von Ressourcen mit stadtplanerischen Maßnahmen und einer verstärkten Informationsvermittlung an die BürgerInnen kombiniert.

## 10.1 Politisch-rechtliche Maßnahmen auf Bundesebene

### 10.1.1 Zusammenhang zur transnationalen Ebene und warum sich Deutschland nicht dahinter verstecken sollte: Ausstiegsregelungen für die fossilen Brennstoffe

Auf politischer Ebene gibt es bisher international, europäisch und national eine beeindruckende Sammlung von klimapolitischen Rechtsnormen, Paketen und Zieldeklarationen, die freilich in einem Spannungsverhältnis zu den bisher geringen Erfolgen (auch) von Staaten wie Deutschland steht. Insgesamt leidet die bisherige Steuerung an mehreren Problemen. Stichworte dafür sind u. a. Rebound-Effekte, Verlagerungseffekte an andere Orte oder in andere Lebensbereiche und Zielschwäche, also zu lasche Gesetze in Relation zu den Zielen von 95% Klimagasreduktion und 100% erneuerbaren Energien.

Eine wichtige, wenn auch weiter zu flankierende (dazu die folgenden Abschnitte) Antwort auf jene Probleme liegt (näher Ekardt 2015, 2014) für Treibhausgase und allgemein für einen übermäßigen Ressourcenverbrauch wie hier bei den fossilen Brennstoffen in einem Mengensteuerungs-Modell (in einem weiten Begriffsverständnis, das auch die indirekte Steuerung über Preise einschließt). Die angemessene Bepreisung von Ressourcen dergestalt, dass die Verursacher von Umweltschäden deren Kosten nicht länger der Gesell-

schaft auferlegen dürfen, wird vom BUND unter der Überschrift einer ökologischen Steuerreform seit langem gefordert. Ein solcher Ansatz erfasst (ggf. mit parallel verstärkter Bepreisung der Landnutzung) die Gesamtheit der fossilen Brennstoffe bei den Erstinverkehrbringern dieser Brennstoffe und reduziert jährlich die zulässige Menge oder legt staatlich einen Preis fest, der sich jährlich erhöht (dann erfolgt die Mengensteuerung indirekt über eine Preissteuerung). Denkbar ist auch eine Kombination dieser Ansätze sowie eine Kombination mit dem Abbau diverser Subventionen zugunsten der fossilen Brennstoffe. Gleich wie man ansetzt: Dies kommt bei den Verursacher/innen von Treibhausgasemissionen, also bei EndverbraucherInnen und Unternehmen, als Internalisierung der bisher auf die Gesellschaft verlagerten Kosten (etwa für Klimawandelfolgeschäden) der fossilen Brennstoffe in allen Lebensbereichen an. Dies setzt dann einen Anreiz für mehr erneuerbare Energien, mehr Effizienz – und mehr Suffizienz, wenn allein bessere Technik nicht ausreicht. Wegen der Abdeckung sämtlicher Emissionsbereiche und den absoluten Grenzen werden durch ein solches Modell gerade Rebound- und Verlagerungseffekte vermieden. Und es werden gemäß dem Verursacherprinzip die Schäden realistisch abgebildet und den Verursachern angelastet, die die Nutzung fossiler Energien auslöst.

Im Grundsatz ist dieser Gedanke nicht an einzelne Staaten gebunden, sondern global wichtig (die BUNDposition zum internationalen Klimaschutz nach 2012 hat ihn deshalb in Verbindung mit einem globalen Emissionshandel, der den nachstehend wiederholten Gedanken folgt, für die internationale Klimapolitik bereits in die Diskussion gebracht; siehe BUND 2009a). Allerdings ist unwahrscheinlich, dass sich die Welt bei kommenden Klimakonferenzen auf ein solches Modell – und auf anspruchsvolle Reduktionsziele in seinem Rahmen – einlässt. Eine konsequentere Bepreisung fossiler Brennstoffe kann allerdings wohl **ohne Wettbewerbsnachteile** auch ohne globale Festlegungen allein in der EU begonnen werden, wenn sie ggf. durch – welthandelsrechtlich tendenziell zulässige (Ekaradt 2015) – monetäre Grenzausgleichsmechanismen für Importe und Exporte („Ökozölle“) ergänzt wird. Der Weg wäre eine europaweit steigende schrittweise (alle Bereiche

erfassende) Energiebesteuerung – eine Variante, die vielen in der Umweltbewegung sympathischer ist – oder eine **grundlegende Reform** des EU-Emissionshandels (EU-ETS), die endlich auf strenge Begrenzungen der Emissionen setzt, statt bloß ein Geschäftsfeld für das Handeln von Zertifikaten zu eröffnen (ggf. könnte die Handelskomponente auch ganz oder teilweise entfallen zugunsten einer reinen Mengenbegrenzung). Wie erwähnt lassen sich diese Wege auch untereinander kombinieren (insbesondere wenn der ETS auch künftig nicht sämtliche Einsatzbereiche fossiler Brennstoffe abdeckt) sowie mit einer Abschaffung umweltschädlicher Subventionen kombinieren. Wichtig ist, egal welcher Weg gegangen wird, die Beachtung von sechs Parametern<sup>30</sup>:

- Einführung anspruchsvoller Abgabenhöhen bzw. Mengenbegrenzung und deren schrittweises Anziehen; dazu gehört auch, die großen Mengen überschüssiger Zertifikate, die aufgrund zu lascher Mengenziele bisher im EU-ETS aufgelaufen sind, vom Markt zu nehmen;
- Ausdehnung jener anspruchsvollen Bepreisung fossiler Brennstoffe auf sämtliche Einsatzbereiche fossiler Brennstoffe statt wie bisher Beschränkung nur auf die Hälfte der Bereiche wie etwa beim bisherigen EU-ETS (neben Industrie künftig also auch insgesamt Wärme, Verkehr, Ernährung usw.); sofern dieser Weg nicht über Abgaben, sondern über eine Ausdehnung des ETS beschränkt werden sollte, müsste dies so geschehen, dass der Emissionshandel künftig am Faktor Primärenergie anknüpft und ihn bei deren Erstinverkehrbringern, also einer Handvoll Unternehmen in Europa, bepreist<sup>31</sup>;
- wegen der Verknüpfung auch vieler Klimagasemissionen jenseits von Kohlendioxid mit dem Faktor fossile Brennstoffe (siehe Abschnitt 5.7) könnten auf diese Weise die allermeisten Emissionen erfasst werden;
- Vermeidung von Schlupflöchern, z.B. in Form der Ausnahmen bei Abgaben und der Clean Development Mechanism beim EU-ETS;

- sofern man auf den ETS setzt: Einführung einer Vollversteigerung sämtlicher Emissionszertifikate, statt sie wie bis 2012 weitgehend und seitdem immer noch in wesentlichen Teilen an die Emittenten zu verschenken;
- parallele stärkere Bepreisung auch der Landnutzung bzw. zumindest der Landwirtschaft, um Verlagerungseffekte der Energiewende zulasten von Biodiversität, Böden und Gewässern – und auch Emissionsverlagerungen von fossilen Brennstoffen hin zu großen Quantitäten von Bioenergiepflanzen – zu vermeiden<sup>32</sup>; generell wirkt die Bepreisung fossiler Brennstoffe jedoch potenziell entscheidend positiv auch auf andere Umweltprobleme wie Stickoxidemissionen, Biodiversitätsverluste, Bodendegradation oder Grundwasserbelastung, vermittelt besonders über die Bepreisung von Mineraldünger<sup>33</sup>;
- Einführung von Grenzausgleichsmechanismen gegenüber Ländern außerhalb der EU, die nicht an dem System teilnehmen oder zumindest vergleichbar wirksame Maßnahmen ergreifen wollen, sofern sich dies zur Vermeidung von Emissionsverlagerungen sowie von Wettbewerbsnachteilen als nötig erweist (auch dies wurde bereits vorgeschlagen in BUND 2009a). Weiterer Diskussion bedarf, ob diese nur für einzelne Sektoren oder bei deutlich steigenden Energiepreise letztlich flächendeckend ansetzen sollten.

Die EU würde damit anderen Ländern vormachen, dass ein gutes Leben und ein massiv verkleinerter ökologischer Fußabdruck möglich sind, und sie zugleich unter Druck setzen, sich an dem System zu beteiligen und damit die – soweit sie eingeführt werden – Ökozölle abzuwenden. Realisierbar ist dies freilich wohl nur dann, wenn die EU zügig, als momentan noch größter Markt der Welt und damit hochattraktiver Handelspartner, in ein solches Modell einsteigt. Wählt man die Variante über den ETS, lässt sich zudem relativ genau ein (EU-)Emissionsminderungspfad festschreiben, ohne dass damit in Jahresscheiben vorgeschrieben werden muss, welchen Anteil erneuerbare Energien, Effizienz und Suffizienz im Verhältnis zueinander jeweils erbringen (zum Pfad der Energiewende auch Abschnitt 4.2).

Mengensteuerung (direkt über Mengen wie beim Emissionshandel oder indirekt über Preise wie bei Abgaben) ist in mehrfacher Hinsicht auch unter sozialen Verteilungsgesichtspunkten ein guter Weg. Zwar wird Energie so erst einmal teurer, da man nicht sofort zu 100% auf erneuerbare Energien umsteigen kann, die von dem Modell im Gegenzug ja profitieren würden. Doch geschieht der Preisanstieg eben schrittweise. Zudem kann man die Erlöse global und teilweise auch national für soziale Ausgleichsmaßnahmen einsetzt, etwa für einen Finanztransfer in Entwicklungsländer, die sich an dem System beteiligen wollen, die durch das System induzierte rasche Energiewende aber aus Kostengründen sonst nicht bewältigen könnten. Denkbar sind auch etwas erhöhte Sätze für die soziale Grundsicherung in Europa zur Vermeidung von Härten; so stellt man sicher, dass die Grundversorgung nicht gefährdet wird. Sozial ist das Modell zudem schon deshalb, weil es das soziale Jahrhundertproblem Klimawandel abwendet, welches gerade die Menschen mit weniger Einkommen treffen würde, einschließlich der erwartbaren Preisspiralen bei den schwindenden fossilen Brennstoffen.<sup>34</sup> Zudem reizt der Ansatz die Energieeffizienz an, die der wirksamste Weg ist, um Abhängigkeiten von Energiepreisen zu vermeiden. Angegangen werden könnten damit sowohl die langfristigen fatalen sozialen Wirkungen eines Klimawandels und Ressourcenschwundes als auch die Armutsbekämpfung im globalen Süden. Grundlegend hat der BUND in seiner Klimagerechtigkeits-Position bereits zu den Verteilungsfragen der Energie- und Klimawende Stellung bezogen (BUND 2015b).

Ungeachtet der großen Relevanz der transnationalen Ebene sind konkret auf nationaler Ebene in Deutschland Maßnahmen sinnvoll (und rechtlich machbar). Bundespolitisches Handeln kann ein Handeln auf EU-Ebene und internationaler Ebene (im Rahmen der Klimaverhandlungen) nach dem Gesagten nicht vollständig ersetzen, u.a. weil Verlagerungseffekte zumindest teilweise auftreten werden. Bundespolitik kann jedoch Anstöße liefern, ein Vorbild sein und ergänzende Regelungen treffen. Ähnlich wie bei der Eurokrise sollte Deutschland sein ganzes Gewicht in der EU in die Waagschale werfen, um eine EU-Reform im eben beschriebenen Sinne einer wirksamen Mengensteuerung anzuschieben.

Gelingt ein europäischer Ansatz nicht (was momentan leider zu erwarten ist), ist eine schrittweise (und anspruchsvolle) Anhebung der Abgaben auf fossile Brennstoffe sowie die Landnutzung in Deutschland sowie eine Streichung von Subventionen, die direkt oder indirekt den Einsatz fossiler Brennstoffe begünstigen (worunter auch die Nichtanlastung gesellschaftlicher Kosten wie z.B. des Klimawandels bei den fossilen Energieträgern fällt), als Instrument zentral. Ebenso wichtig ist eine gesetzgeberische Klarstellung, dass immer dann, wenn in Gesetzen von Wirtschaftlichkeit die Rede ist (etwa im bei Gebäudesanierungen), damit die Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der gesellschaftlichen Folgekosten wie des Klimawandels gemäß dem Verursacherprinzip gemeint ist. Setzt man mit solchen Maßnahmen statt auf transnationaler auf bundesdeutscher Ebene an, so lassen sich Rebound-Effekte, mangelnde Zielstrenge und Vollzugsschwächen ebenfalls effektiv angehen. Strukturell durch bundespolitische Maßnahmen nicht oder nicht völlig zu vermeiden sind jedoch Verlagerungseffekte geographischer und sektoraler Art. So kann eine stärkere Bepreisung des Verkehrssektors nicht verhindern, dass es aufgrund des Preisdrucks zu ersparten Energiekosten kommt, die in vermehrte Auslandsflüge umgesetzt werden (oder dass die dann in Deutschland weniger nachgefragten fossilen Brennstoffe dann eben vermehrt in anderen Teilen der Welt nachgefragt werden). Durch Vorbildeffekte können Verlagerungseffekte allerdings teilweise kompensiert werden.

#### 10.1.2 Weitere wesentliche Maßnahmen für die Bundespolitik

Die schrittweise Verteuerung der Energie reicht national und transnational allerdings nicht aus. Es müssen (das illustrieren die nachstehenden Beispiele) insbesondere auch bestimmte Vorkehrungen gegen Probleme auch der erneuerbaren Energien getroffen werden, planerische Maßnahmen zur Durchführung von Effizienz- und Erneuerbare-Energien-Maßnahmen ermöglicht werden, Informationen für BürgerInnen und Unternehmen bereitgestellt werden sowie der Energiemarkt und der Stromleitungsbau organisiert werden. Preisdruck allein kann all das gerade nicht leisten. Ebenso sind Subventionen zugunsten der Energiewende an einzelnen Stellen wichtig, wenn es z.B. darum geht, dass

technologische Optionen überhaupt erst einmal entwickelt werden, wie die Erfolgsgeschichte des EEG gezeigt hat. Ferner sind bestimmte Ge- und Verbote sinnvoll, also Ordnungsrecht. Durch konkrete Ge- und Verbote, selbst wenn parallel politisch eine Verteuerung von Energie gelingen sollte, werden Pfadabhängigkeiten vermieden – also dass, wenn Energie nur schrittweise stärker bepreist wird, vorübergehend weiter in problematische Energieträger und -nutzung wie die Braunkohle oder in schlecht gedämmte Häuser investiert wird. Der BUND hat in einer Vielzahl fachlicher Positionen detaillierte Konzepte für einzelne Energiesektoren entwickelt, die wichtige Maßnahmen auf bundesdeutscher Ebene enthalten. Wir benennen hier die folgenden:

- Wir fordern einen **sofortigen Atomausstieg**. Dieser wäre ohne Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen technisch möglich, wenn sämtliche bereitstehende nachhaltige Alternativen konsequent umgesetzt würden. Seit dem Jahr 2000 steigt die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien im Durchschnitt jährlich um 6–10 TWh an und ersetzt die Stromproduktion von 1–2 Atomkraftwerken. Mit einer forcierten Umsetzung der effizienten Stromnutzung und der KWK könnten weitere Atomkraftwerke ersetzt werden (auch ohne Neubau von Kohlekraftwerken). Der Sofortausstieg würde zudem die Hemmnisse beseitigen, die dem Ausbau der Alternativen zur Atomenergie noch entgegenwirken.
- Wir lehnen neue **Braunkohle-Tagebaue** sowie neuer Kohlekraftwerke ab und fordern den Stopp von Umsiedlungen von Orten und Dörfern. Die Verstromung der Kohle in Deutschland muss bis zum Jahr 2030 auslaufen.
- Die weitere **übergangswise Nutzung von Erdgas** als Brückentechnologie sollte, sofern sie nach der genannten Reform vorübergehend noch wirtschaftlich ist, zulässig bleiben. Sie muss nicht mit einer Ausweitung der Importe verbunden sein. Eine deutliche Reduktion des Energieverbrauchs durch Wärmedämmung und effizientere Heizungsanlagen lässt genügend Kapazität, um

einen Teil des im Wärmebereich eingesparten Erdgases für die Stromproduktion vornehmlich in KWK oder in hocheffizienten Gas- und Dampfkraftwerken zu verwenden.

- Die Planung der **Windenergieanlagen** sollte Vorranggebiete in den Flächennutzungsplänen ausweisen, die sich am gesamten sowie regionalen Ausbauzielen orientieren sowie bestimmte Schutzgebiete im Sinne der Ausführungen aus Abschnitt 5.1 ausschließen.
- **Photovoltaik-Freiflächenanlagen** sollten entlang von Bahnen oder Autobahnen bzw. auf Konversionsfläche errichtet werden und dies planungsrechtlich so vorgegeben werden. Ebenso ist sicherzustellen, dass die PV-Module wie auch die Elektronik der Wechselrichter in hohem Maße recycelt und wieder verwendet werden können. Der Neubau oder die Sanierung von Dächern sollte mit der Prüfung zum Einsatz von PV-Anlagen verbunden werden, und der Ausbau besonders in die Städte gelenkt werden. Ebenso sollte der Ausbau der PV durch die gezielte Integration mit steuerbaren Batteriespeichern verbunden werden, um durch die Glättung der Einspeisung bzw. Eigenstromnutzung den Ausbaubedarf lokaler und regionaler Stromnetze zu mindern.
- Bezogen auf das BUND Szenario wird davon ausgegangen, dass kein Neubau von **Wasserkraftanlagen** erfolgt, bestehende Anlagen entweder gewässerökologisch deutlich verbessert werden und ihr Stromertrag in diesem Zusammenhang erhöht wird und wenn dies nicht möglich ist, insbesondere bei Kleinanlagen, ein Rückbau erfolgt. Bei bestehenden Wasserkraft ist zu prüfen, inwieweit die Durchgängigkeit verbessert werden kann und eventuell weitere ökologische Beeinträchtigungen der Gewässer vermindert werden können. Bei bestehenden Anlagen ist gesetzlich zu verankern, dass die zur Zielerreichung der ökologischen Ziele erforderlichen gewässerökologischen Bedingungen gewährleistet und der Fischschutz wasserrechtlich durchgesetzt wird. Die EEG-Vergütung ist an diesen Nachweis zu binden.
- **Wärmepumpen** sollten entweder lokal gekoppelt mit KWK-Anlagen mit erneuerbaren Energien oder mittels Direktbezug mit dem Antrieb mit Strom aus erneuerbaren Energien verbunden werden. Kurzfristige Überschüsse aus Windstrom reichen dazu aber nicht aus, PV-Strom fällt in der Heizperiode nur mit geringer Intensität an. Wärmepumpensysteme sollten daher in Verbindung mit Wärmenetzen und Wärmespeichern eingesetzt werden. Dann ist die Wärmeerzeugung auch deutlich höher als wenn Stromüberschüsse nur mittels Heizstäben ("Power to heat") ineffizient verheizt werden. Für Zeiten geringen Stromüberschusses können diese Wärmenetze wiederum mit Strom aus KWK versorgt werden. Solche kombinierten Systeme mit KWK und Wärmepumpen können mit Wärmenetzen sowie Wärmespeichern den Stromverbund und Stromausgleich zwischen fluktuierenden und steuerbaren Systemen sinnvoll auf der Wärmeseite ergänzen.
- Wenn **Tiefengeothermie** genutzt wird, ist die genaue Prüfung und Einhaltung hoher Sicherheitsstandards des Grundwasserschutzes, der Sicherung gegenüber Radioaktivität und die weitgehende Nutzung der Abwärme zu fordern, wenn nicht ohnehin nur die Wärme genutzt wird (vgl. BUND 2007).
- **Bioenergie** (die generell Nachhaltigkeitskriterien erfüllt) muss auf die in Abschnitt 5.3 dargestellten Verwendungszwecke beschränkt werden. Dies ist ordnungsrechtlich vorzuschreiben. Der Ausschluss ökologisch problematischer Agroenergie über ordnungsrechtliche Systeme wie die EU-Nachhaltigkeitsstandards ist bisher weitgehend gescheitert und müsste deshalb über die angesprochene Bepreisung auch der Landnutzung optimiert werden, die auch indirekte Landnutzungsänderungen abbildet. Für Biomasse von außerhalb der EU kommt ein partielles oder vollständiges Importverbot in Betracht. Gegenwärtig wurde durch die Politik zur Förderung der Landwirte als „Energiewirte“ ein erheblicher Anteil der **Biogasanlagen** im ländlichen Raum errichtet und dient den LandwirtInnen auch als nennenswerte Einkommensquelle. Diese Anlagen sollten in den nächs-

ten Jahren gezielt auf die Bereitstellung von Leistung für Stromspitzenzeiten und Versorgungssicherheit umgebaut werden (Verdopplung der Stromerzeugungsleistung pro Anlage, Speichererweiterung für Biogas/ Wärme). Soweit diese Anlagen (in der Regel) mit Mais (bzw. künftig auch mit Zuckerrüben) als Eingangsstoff versorgt werden, sollte die Vergütung nach dem EEG einen klaren Vorrang für den Einsatz von Blühpflanzen vorsehen. Der Einsatz von gentechnisch veränderten Pflanzen für Energie aus Biomasse muss ausgeschlossen bleiben. Insbesondere Biogasanlagen (Mais, Gülle) müssen, soweit diese weiterhin betrieben werden, mit hohem Schutz für Natur-, Grundwasser und umliegende Gewässer versehen werden. Der Anbau von Lebens- und Futtermitteln hat Vorrang vor Energiepflanzen. Die Landwirtschaft ist auf ökologische Landwirtschaft mit einem ausgewogenen Verhältnis von Acker- und Wiesenfläche bei einer deutlich reduzierten Produktion tierischer Nahrungsmittel gezielt und schrittweise umzustellen.

- Die für 2017 geplante Umstellung des EEG auf ein Ausschreibungssystem ist abzulehnen. Ferner ist die Verpflichtung zur KWK-Nutzung im EEG zu stärken. **Bürokratische Hemmnisse** für die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen sowie kleinen KWK-Anlagen müssen überprüft werden.
- Entsprechend den guten Erfahrungen mit dem Einspeisevergütungssystem des EEG sollte die **Kraft-Wärme-Kopplung** stärker gefördert werden. So sind die bisher unzureichenden Sätze des KWK-Bonus nach KWK-Gesetz zu erhöhen. Biogasanlagen sollen gezielt mit Gas- und Wärmespeichern ausgestattet werden, damit diese mit Ausbau der KWK-Leistung eine flexible Fahrweise erreichen. Nötig ist ferner ein Verbot für den Bau neuer thermischer Kraftwerke ohne Kraft-Wärme-Kopplung, um den Übergang in ein postfossiles Energiesystem zu beschleunigen. Es wurde dabei schon erläutert, dass die Bedeutung von KWK aufgrund der sinkenden Anzahl thermischer Kraftwerke mittel- und langfristig ebenfalls geringer wird. Sinnvoll wäre dennoch kurz- und mittelfristig ein Anschluss- und Benutzungszwang für kom-

munale KWK, wie oben beschrieben, um den Verbrauch fossiler Brennstoffe zu senken und den Übergang zu erleichtern.

- Für **Gebäude** sind klare Vorgaben nötig. Im Neubaubereich sollte nur noch der Bau von Passivhäusern zugelassen werden. Für den Altbaubestand wichtig wäre die Einführung einer Pflicht, für jedes Gebäude innerhalb von fünf Jahren einen Sanierungsfahrplan zu erstellen. Und wie der Staat schon lange für eine Grundsicherung für die Rente und nun auch für die Pflege im Alter sorgt, und zwar für alle Mitglieder der Gesellschaft, so sollte künftig eine Gebäudewerterhaltversicherung für die in jedem Falle bei Gebäuden in 10, 30 oder 50 Jahren fällige Modernisierung vorgeschrieben werden. Zudem hat der BUND ein Modell entwickelt, welches die Mieter finanziell bei Gebäudesanierungen entlastet (näher BUND 2015a).
- Wir fordern die Einrichtung eines unabhängigen **Energieeffizienzfonds** (insbesondere für Stromeinsparung) und die Umsetzung des **Top-Runner-Prinzips** bei technischen Geräten, also des Prinzips, dass das jeweils effizienteste Gerät den technischen Mindeststandard für die Zukunft angibt.
- Im Verkehrsbereich hat auch planungsrechtlich der Ausbau des Umweltverbundes mit **öffentlichen Verkehrsmitteln, Rad- und Fußverkehr, Taxi und Car-Sharing** Vorrang. Die Bundesverkehrswegeplanung ist dahingehend zu reformieren. Weiterhin sind der Verkehrsträger Wasserstraße planungsrechtlich zu stärken und die Dienstwagenbesteuerung zu reformieren. Ferner wirkt die beschriebene Bepreisung von Energie, die auch den Luft- und Seeverkehr umfassen muss, auf die geforderte Umstellung bei der Antriebstechnik hin. Weitere sinnvolle Maßnahmen wurden andernorts beschrieben.<sup>35</sup>
- Die **planungsrechtlichen Grundlagen für die Stromnetzplanung** sind zu schärfen. Wir fordern, dass bei der Stromnetzentwicklungsplanung sämtliche Alternativen im Sinne einer Strategischen Umweltprüfung (SUP)

einbezogen werden. Hierzu zählen die Minderung des Stromverbrauchs durch mehr Effizienz und Suffizienz, die dezentrale Stromerzeugung, der gezielte Ausgleich zwischen verschiedenen fluktuierenden und steuerbaren Stromerzeugern (etwa durch KWK), die begrenzte (3% von Arbeit, 20% der Leistung) Abregelung oder anderweitige Nutzung von Spitzenstromangeboten von Wind und Sonnenstrom, der Einsatz von Hochtemperaturseilen und Temperaturmonitoring. Der BUND lehnt einen Stromleitungsausbau ab, der dem Weiterbetrieb von Kohlekraftwerken dient, die bei verstärkter Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien nicht abgeregelt werden; dies muss planungsrechtlich sichergestellt werden. Neue Stromübertragungstrassen, deren Bedarf unabdingbar erforderlich ist, sollen vorrangig den bisherigen Trassenverläufen gemäß des Bündelungsprinzips folgen. Bestehende Hochspannungsleitungen (110 kV) sollten hierzu erdkabelt werden. Die Vorsorgewerte des BUND für elektrische und magnetische Felder sind einzuhalten und immissionsschutzrechtlich zu garantieren (BUND 2011b). Wenn diese Werte insbesondere mit Abständen zur Wohnbebauung nicht eingehalten werden, sind Erdverkabelungen vorzunehmen. Hierbei sollten keine breiten 40-50 Meter breiten Schneisen, sondern Infrastrukturkanäle, die vor allem entlang bestehender Straßen und Bahnlinien verlegt werden können, zum Einsatz kommen. Auch für die Anbindung von Offshore-Windenergieanlagen sind die in Abschnitt 5.1 dargelegten Naturschutzanforderungen sicherzustellen. Beschleunigungen von Planungsverfahren, die zu Lasten der Natur und der Rechte der betroffenen Bevölkerung gehen, sind kritisch einzuschätzen. Weiterhin sind Energiewirtschaftsgesetz und Netznutzungsverordnung so zu ändern, dass Mehrkosten für alternative Führungen von Freileitungen bzw. für Erdkabel, die zugunsten des Schutzes von Mensch und Natur durchgeführt werden, von den jeweiligen Netzbetreibern als anerkannte Mehrkosten geltend gemacht werden können.

- Schon aus demokratischen Gründen muss der **Einfluss großer Energiekonzerne** in allen Bereichen durch Änderungen des Energiewirtschaftsrechts und des Kartell-

rechts begrenzt und verringert werden. Dadurch und durch weitere Maßnahmen (wie die Abkehr von der geplanten EEG-Ausschreibungspflicht, s. o.) sind dezentrale Modelle der Bürgerbeteiligung an der Energieerzeugung sowie die Stadtwerke zu stärken und weiterzuentwickeln. **Dezentralität der Energieerzeugung** ist nicht nur eine technische Frage, die z. B. die Größenordnung und Verteilung von Energieanlagen bestimmt, sondern ist Ergebnis und Voraussetzung für die Beteiligung der BürgerInnen und zugleich ein Weg, den Bezug der Einzelnen zur Energiefrage und ihrer sinnvollen Lösung zu stärken. Diese Beteiligung kann erfolgen in Form von Energie Nutzungsgemeinschaften (z. B. einer Mieter- oder Wohnungseigentümergeinschaft, die gemeinsam Anlagen betreibt und die Energie nutzt), in Form von kommunalen Stadtwerken in Städten und Landkreisen, in Form von Energiegenossenschaften und weiteren ähnlichen Formen gemeinsamen und gemeinwirtschaftlichen Handelns. Kleine Strukturen tendieren nach allen bisherigen Erfahrungen wenig zu schädlichen Großprojekten. Wir fordern ferner, die **Belastung der Eigenstromnutzung** durch die EEG-Umlage ersatzlos zu streichen, so auch für die Nutzung von PV-Strom, durch Mieter oder Wohnungseigentümer, der durch die Vermieter, Mietergemeinschaften oder andere Erzeuger auf den Gebäuden bzw. in einem Stadtbezirk erzeugt wird. Es muss hier wie auch bei der Wärme möglich sein, gemeinsam Strom im Haus oder einer Siedlung zu verteilen oder abzurechnen.

- Wir fordern eine konsequente und unverzügliche Ausrichtung der öffentlichen **Vergabepolitik**, der öffentlichen Gebäude und des öffentlichen Fuhrparks auf 100% erneuerbare Energien sowie auf eine deutlich gesteigerte Energieeffizienz und damit auf eine Vorreiterrolle.
- Das bisherige **Strommarktdesign** im Energiewirtschaftsrecht, also die Frage, wie Strom ins Netz eingespeist, weiterverteilt und dabei mit einem Marktpreis versehen wird, muss reformiert werden. Bisher wurden insbesondere Braunkohle- und Atomkraftwerke begünstigt. Die ökonomische Erzeugungstruktur von Wind- und Sonnenstrom ist jedoch völlig anders, da die Investition die

Erzeugungskosten gegenüber einer weitgehend grenzkostenfreien Stromproduktion völlig dominiert. Der künftige Strommarkt muss vom Primat und der „Führungsgröße“ der fluktuierenden Erzeuger erneuerbarer Energien ausgehen. Alle anderen Stromanbieter (sowie auch gezielte Abschaltungen, Regelenergien) müssen sich diesem Vorrang unterordnen. Der BUND favorisiert nach umfassendem Austausch auch mit den betroffenen Branchen, dass der Erneuerbare-Energien-Strom künftig zeitnah viertelstundeweise auf die Stromvertriebe anteilig zu deren Verkaufsmenge verteilt wird. Die Vertriebe, was teilweise heute schon erfolgt, sorgen durch Einkauf weiterer Strommengen aus eigenen oder anderen Kraftwerke für die Bereitstellung der Strommengen, die sie verkaufen und zudem für die Versorgungssicherheit. Für diesen Ausgleich stehen neben größeren (Kohle-)Kraftwerken (deren Betrieb zunehmend mit steigendem Anteil von Erneuerbare-Energien-Strom reduziert wird) zunehmende Flexibilitäten durch regelbare und ansteuerbare KWK-Anlagen, Wärmepumpen, Speicher, Lastmanagement zur Verfügung. Zudem kann das gleichmäßig verteilte Angebot von Erneuerbare-Energien-Strom auch durch gezielten Einkauf von direkt vermarktetem Erneuerbare-Energien-Strom ergänzt werden.

- Die Neuausrichtung staatlicher Forschungsförderung weg von fossilen und großtechnischen Lösungen muss zu einem wesentlichen Stützpfeiler für die lokalen, regionalen getragenen Projekte in Bürgerhand werden. Die Ethik-Kommission empfahl im Jahr 2011 den Schwerpunkt auf die Themen Energieeffizienz, Dezentralität, Kraft-Wärme-Kopplung, neue Strukturen am Energiemarkt zu legen. Forschung sollte auch neue Formen der Bürgerbeteiligung, der energetischen Stadtsanierung zur „infrastrukturellen Daseinsvorsorge“, der Interaktion und Motivation der Menschen für Energieeinsparung und Energiewende adressieren.

## 10.2 Politisch-rechtliche Maßnahmen der Landespolitik

Daneben ist auch die Landes- und Kommunalebene im Rahmen des oben beschriebenen Wechselspiels relevant, obwohl die Probleme wie etwa Verlagerungseffekte hier noch stärker drohen als bei bundespolitischen Maßnahmen. Landes- und Kommunalpolitik kann Anstöße liefern, neue Wege ausprobieren und wertvolle Ergänzungen liefern, z. B. bei der Planung einer Stadt der kurzen Wege, zu der die oben beschriebene Preispolitik bei den fossilen Brennstoffen die Motivation liefern würde. Wir fordern von der Landesebene insbesondere die Umsetzung folgender Optionen:

- Schaffung eines Landesklimaschutzgesetzes, das minus 95 % Klimagasemissionen bis 2050 und 100 % erneuerbare Energien im Strom-, Wärme- und Treibstoffsektor gemessen am international üblichen Basisjahr 1990 verbindlich vorsieht.
- Schaffung klarer raumplanerischer Vorgaben im Wege einer Überarbeitung des Landesentwicklungsplans und einer unmittelbaren diesbezüglichen Anpassung der Regionalpläne, um neue Braunkohletagebaue zu verhindern und die Nutzung der bestehenden Tagebaue zum nächstmöglichen entschädigungslosen Zeitpunkt zu beenden.
- Priorität für Schienen-, Bus-, Straßenbahn-, Rad- und Fußverkehr in der Verkehrspolitik, Straßenbaumittel auf Erhaltung statt Neubau konzentrieren, sowie Stärkung der Verkehrsverbände. Auch eine Stärkung von Car-Sharing sowie der Einsatz innovativer Verkehrsträger wie Oberleitungsbusse gehören dazu.<sup>36</sup>
- Unterlassen der bisher teilweise üblichen raumplanerischen Verhinderungsversuche der erneuerbaren Energien, z. B. durch die „Länderöffnungsklausel“, und stattdessen Stärkung von Vorranggebieten für erneuerbare Energien, natürlich auch unter Beachtung des Naturschutzes.

- Konsequente Nutzung aller Spielräume in der (europarechtlich überformten) Agrarförderung und Neuausrichtung für merklich stärkere Honorierung einer ressourcenschonenden Betriebsweise, die gleichzeitig die Belange der Biodiversität zu beachten vermag – fokussiert besonders auf den Ökolandbau – und damit Abkehr vom bislang eingeschlagenen Weg des „weiter so“.
- Konzentration der landespolitischen Fördermittelpolitik für Unternehmen, Ansiedlungen, Gebäude u.a. auf klimabezogenen vorbildlichen Aktivitäten.
- Bauordnungsrechtliche Absicherung des verstärkten Erneuerbare-Energien-Einsatzes.
- Städteförderung als Instrument des Klimaschutzes nutzen.
- Konsequente und unverzügliche Ausrichtung der öffentlichen Vergabepolitik, der öffentlichen Gebäude und des öffentlichen Fuhrparks auf 100% erneuerbare Energien sowie auf eine deutlich gesteigerte Energieeffizienz und damit auf eine Vorreiterrolle.
- Unterstützung der Kommunen in allen genannten Punkten, Unterstützung regionaler Energie- und Klimaschutzkonzepte Stadt/Land, Bereitstellung der Instrumente für Wärmekataster, KWK-Standorte, energetische Flächen-nutzungsplanung, Unterstützung der Kommunen für lokale, regionale Energieberatungszentren, Förderung durch übergeordnete Bereitstellung von Know-how, Finanzmittel.
- Unterstützung durch regionale Bündnisse von Handelnden, Informationskampagnen, Organisierung und Förderung der Fortbildung.

### 10.3 Kommunale Handlungsoptionen

Politisch kann jedoch wie erwähnt nicht nur die Landespolitik (insbesondere der Landesgesetzgeber, also der Landtag und als Verordnungsgeber die Landesregierung) handeln. Daneben sollten vielmehr auch die Kommunen ihre Handlungsoptionen nutzen und die Landesebene sie hierzu ermutigen. Dass Kommunen – genauso wie die Landespolitik – allein die Energie- und Klimapolitik nicht übernehmen können, und damit eine Debatte, ob die Energiewende nicht allein von den Kommunen ausgehen sollte, nicht zielführend ist, wurde im vorigen Abschnitt bereits dargelegt. Ebenso wurde dort dargelegt, dass im Wechselspiel hin zur Energiewende die Kommunen trotzdem eine wichtige Rolle spielen können. Zentrale Handlungsoptionen für die Kommunen im Bereich Energie/ Klima sind insbesondere die folgenden:

- Übergreifende kommunale Klimaprogramme auch über die nachstehenden konkreten Maßnahmen hinaus als Rahmung freiwilliger Maßnahmen für den gesamten Energiebereich inklusive Mobilität, und zwar ohne eine Beschränkung auf rein technische Maßnahmen;
- Stadtwerke für Strom und Wärme zu 100% auf erneuerbare Energien umstellen;
- Ausrichtung der kommunalen Bauleitplanung auf eine Förderung von erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und KWK;
- Verpflichtung zu kommunalen Energie- bzw. Wärme-konzepten;
- Modellprojekte etwa in energetischer Gebäudesanierung (Stadt als Labor der Energiewende);
- Stadtplanung im Sinne einer Stadt der kurzen Wege;

- Weitere planerische Maßnahmen wie Erstellung von Plänen für (Ausbau von) Wärmenetzen sowie Festlegung von Vorranggebieten für Wärmenetze, Erstellung und Umsetzung von Stadtteil- und Wohnbezirkskonzepten der Energiewende;
- ÖPNV sowie Fuß- und Radverkehr stadtplanerisch fördern;
- Motorisierten Individualverkehr durch Tempolimits, Parkraumbewirtschaftung u.a.m. beschränken;
- Essen in kommunalen Einrichtungen nachhaltiger und regionaler ausrichten;
- Vorbildliches Handeln, etwa bei eigenen Gebäuden, Fuhrpark, Beschaffung;
- Auf- und Ausbau von kommunalen Klimaschutzstellen mit KlimaschutzmanagerInnen;
- Integration Energie- und Klimaschutz in verschiedenen Bereichen (Dezernaten) der Stadtverwaltung selbst und in Kooperationsprojekten, Netzwerken mit externen AkteurInnen (Wirtschaft, Soziales, Wissenschaft) durch Aufstellung von Energienutzungsplänen;
- Informatorische Maßnahmen wie Erstellung von Wärme- und Energiebedarfskatastern, Erstellung von Potenzialkatastern für erneuerbare Energien, Betrieb und Förderung von Energieberatungsstellen, Öffentlichkeitsarbeit für diverse Themen des Klimaschutzes, auch Ernährung, Kaufverhalten, Erprobung neuer Lebensstile und Aktionen, Ermutigung ihrer BürgerInnen zum Handeln, etwa durch Gründung von Energiegenossenschaften;
- Ausrichtung der kommunalen Wirtschaftsförderung und Wirtschaftspolitik auf die Energiewende, etwa Verbindung lokaler Abfallwirtschaft mit KWK-Nutzung und Aufbau lokaler Power-to-Gas-Stationen.

#### 10.4 Handlungsoptionen der Einzelnen

Durch die Einsicht, dass eine wirksame Energiewende nur im Wechselspiel gelingen kann, sind auch die Einzelnen gefordert. Allein durch politische Maßnahmen kann die Energiewende nicht gelingen, wenn, wie gezeigt, die Einzelnen und die Politik wechselseitig voneinander abhängen und (siehe Abschnitt 9) ein Aktivwerden aller einzelnen AkteurInnen gegen den Klimawandel nicht hinreichend wahrscheinlich ist. Umgekehrt können die einzelnen BürgerInnen allein das Problem ohne politisch-rechtliche Vorgaben kaum abschließend bewältigen. Das folgt schon aus dem Kollektivgutproblem, welches ein Handeln der Einzelnen schwieriger macht als ein kollektives – also durch politisch-rechtliche Vorgaben in eine gemeinsame Richtung gesteuertes – Handeln gemeinsam mit allen anderen Menschen. Zudem wäre allein in der Perspektive der Einzelnen zu wenig klar, was genau die Einzelnen tun und wie weitgehend sie ihr Verhalten ändern müssen. Speziell technischer Wandel ist den Einzelnen ohne politisch-rechtlichen Rahmen weniger leicht verfügbar. Dass die Einzelnen bzw. die Summe der BürgerInnen durch individuelles Handeln die Energiewende nicht ohne ergänzende politisch-rechtliche Vorgaben bewältigen können, ergibt sich auch aus den erwähnten sonst drohenden Verlagerungseffekten.

Der/die Einzelne hat dennoch persönlich nicht unerhebliche Möglichkeiten.

- Über meine Ernährung kann ich (in Deutschland) weitgehend selbst entscheiden; saisonale, regionale und ökologische Produkte benötigen für Herstellung und Transport weniger Emissionen als andere.
- Ebenso kann ich selbst über meinen Stromanbieter entscheiden. Ein Wechsel zu einem Ökostromanbieter ist einfach und je nach Angebot nicht mit höheren Kosten verbunden. (mehr Infos unter: z. B. [www.atomausstieg-selber-machen.de](http://www.atomausstieg-selber-machen.de))
- Gleiches gilt für die Art meiner Fortbewegung im Alltag: Gibt es die Möglichkeit, Fahrgemeinschaften für die Fahrt zur Arbeit zu bilden? Bin ich mit dem Fahrrad viel-

leicht schneller bei der Chorprobe? Kann mein Kind vielleicht den Öffentlichen Nahverkehr zur Schule nutzen, anstatt gebracht zu werden?

- Oder im Urlaub: Ist für Entspannung, Erholung oder tolle Erlebnisse wirklich maßgeblich, dass ich an einen Ort geflogen bin? Gibt es nicht in der Nähe noch Spannendes zu entdecken? Und wenn nicht, ist nicht eine Reise per Zug oder Bus bereits ein Teil des Urlaubs?<sup>37</sup>
- Auch wie viele elektrische Geräte ich habe und nutze, unterliegt meiner eigenen Entscheidung. Gibt es Möglichkeiten, Geräte, die ich selten brauche, auszuleihen oder Dinge, die nicht mehr funktionieren zu reparieren? (z.B. [www.wir.de](http://www.wir.de) oder einfach mal bei der Nachbarin klopfen) Dazu zählen übrigens auch Kommunikations- und Informationsgeräte wie Computer, Mobiltelefone, etc. Vielleicht reicht hier ja ein aufgewertetes Gebrauchtprodukt. (z.B. [www.greenpanda.de](http://www.greenpanda.de))
- Insgesamt ist es mir überlassen, wie viele Dinge ich kaufe. Auch für die Produktion neuer Kleidung werden große Mengen Energie benötigt. Dabei werden Second-Hand-Angebote immer attraktiver und hochwertigere Anschaffungen halten meist länger als eine Saison. Bei Neuanschaffungen von energieintensiven Geräten wie Waschmaschinen und Kühlschränken kann ich auf den Verbrauch und Energiestandards achten. (z.B. [www.eco-topten.de](http://www.eco-topten.de))
- Möglich ist ferner, gemeinsam mit anderen BürgerInnen Energiegenossenschaften und ähnliche Formen gemeinsamer Investitionen in eine nachhaltige Energieversorgung zu tätigen, also beispielsweise in Windräder und Solardächer, sofern ich solche nicht allein anschaffen kann oder möchte. Durch eine solche „Energiewende von unten“ befördert man zugleich die möglicherweise gerade wünschenswerte Dezentralisierung der Energieversorgung und erspart auch den Bau eines Teils ansonsten benötigter neuer Energieleitungen und -speicher.

- Und vor allem kann ich mich in der im letzten Abschnitt beschriebenen Weise politisch engagieren, um an vielen Stellen das Wechselspiel für und mit einer besseren Energie- und Klimapolitik in Gang zu setzen.

### 10.5 Die Rolle der Unternehmen

Auch freiwilliges unternehmerisches Handeln kann zur Lösung der Energie- und Klimaproblematik einen wichtigen Beitrag leisten (man kann auch von Unternehmensverantwortung oder CSR sprechen). Aus den gleichen Gründen, wie sie schon im letzten Abschnitt zu den Einzelnen einleitend aufgeführt wurden, ist es freilich wenig wahrscheinlich, dass allein ein freiwilliges unternehmerisches Handeln die Energiewende bewerkstelligen kann. Bei Unternehmen kommt im Vergleich zu den Einzelnen erschwerend hinzu, dass diese sich am Markt behaupten müssen und ein freiwilliges Handeln damit auch daran scheitern kann, dass das Unternehmen durch das freiwillige Engagement – sofern es einen nennenswerten Umfang annimmt – finanzielle Nachteile erleiden kann.

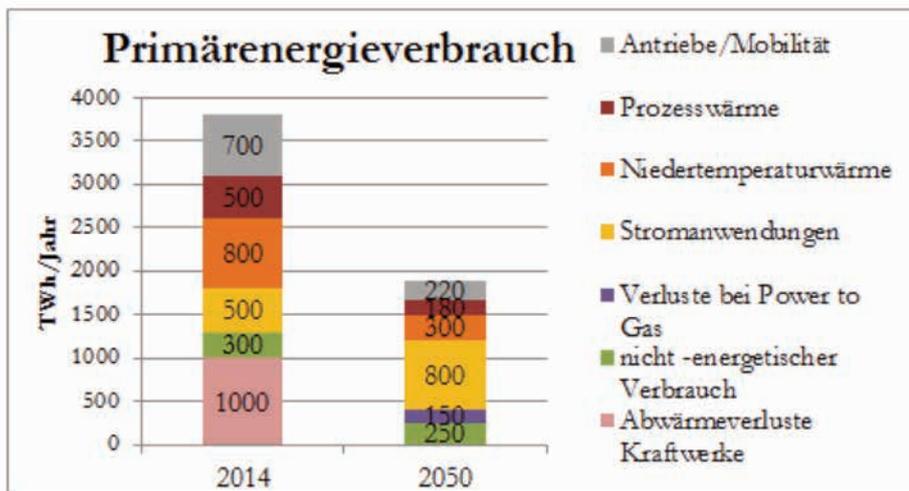
Interessant sind für freiwilliges unternehmerisches Handeln damit insbesondere solche Optionen, die dem Unternehmen Gewinn versprechen oder die zumindest in etwa kostenneutral sind. Dies trifft gerade auf Energieeffizienzmaßnahmen in aller Regel zu; auch eine Umstellung der eigenen Energieversorgung auf erneuerbare Energien wird häufig hierunter fallen. Ebenso kann die Mobilität der eigenen Angestellten durch eine Vielzahl von Maßnahmen wie etwa die Anregung der Bildung von Fahrgemeinschaften ökologisch positiv beeinflusst werden.

# Literatur

- AG Energiebilanzen (2015): [www.ag-energiebilanzen.de/](http://www.ag-energiebilanzen.de/)
- Agentur für Erneuerbare Energien (AEE 2015): Strommix in Deutschland 2014. [www.unendlich-viel-energie.de/](http://www.unendlich-viel-energie.de/)
- Agora Energiewende (2014): Positive Effekte von Energieeffizienz auf den deutschen Stromsektor. Endbericht einer Studie von der Prognos AG und dem Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW). [www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Studien/Energieeffizienz/Agora\\_ECF\\_RAP\\_Positive\\_Effekte\\_von\\_Energieeffizienz\\_DE\\_web.pdf](http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Studien/Energieeffizienz/Agora_ECF_RAP_Positive_Effekte_von_Energieeffizienz_DE_web.pdf)
- Brinkmann, Robert u.a. (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum Band 4, Schriftenreihe Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover, Göttingen.
- Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU 2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt: [www.biologischevielfalt.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere\\_biolog\\_vielfalt\\_strategie\\_bf.pdf](http://www.biologischevielfalt.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf)
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND 2007): Strom und Wärmeerzeugung aus Geothermie. Anforderungen an die Produktionsprozesse aus ökologischer Sicht. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20070300\\_energie\\_geothermie\\_position.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20070300_energie_geothermie_position.pdf)
- BUND (2009a): Klimaschutz nach 2012 – vorläufige Eckpunkte für ein schlagkräftiges internationales Regime. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/klima/20091100\\_klima\\_klimaschutz\\_nach\\_2012\\_position.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/klima/20091100_klima_klimaschutz_nach_2012_position.pdf)
- BUND (2009b): Wasserkraftnutzung unter der Prämisse eines ökologischen Fließgewässerschutzes, [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20091200\\_energie\\_wasserkraft\\_position.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20091200_energie_wasserkraft_position.pdf)
- BUND (2010): Energetische Nutzung von Biomasse. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20101223\\_energie\\_position\\_biomasse.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20101223_energie_position_biomasse.pdf)
- BUND (2011a): Für einen natur- und umweltverträglichen Ausbau der Windenergie. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20110600\\_energie\\_position\\_windenergie.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20110600_energie_position_windenergie.pdf)
- BUND (2011b): Zukunftsfähige Energiepolitik. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20110922\\_energie\\_position.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20110922_energie_position.pdf)
- BUND (2011c): Wirtschaftswachstum oder nachhaltige Entwicklung. Ein BUND-Diskussionspapier. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/sonstiges/20111111\\_BUND\\_diskussion\\_wachstum.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/sonstiges/20111111_BUND_diskussion_wachstum.pdf)
- BUND (2012): Naturschutz. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/naturschutz/120716\\_bund\\_naturschutz\\_position.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/naturschutz/120716_bund_naturschutz_position.pdf)
- BUND (2013a): Bauernhöfe statt Agrarfabriken. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/landwirtschaft/130902\\_bund\\_landwirtschaft\\_bauernhoeftstatt\\_agrarfabriken\\_broschuere.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/landwirtschaft/130902_bund_landwirtschaft_bauernhoeftstatt_agrarfabriken_broschuere.pdf)
- BUND (2013b): Solarthermie – Wärme von der Sonne. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/130711\\_bund\\_klima\\_und\\_energie\\_solarthermie\\_position.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/130711_bund_klima_und_energie_solarthermie_position.pdf)
- BUND u. a. (2014a): Fleischatlas. Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel. Heinrich-Böll-Stiftung, BUND, Le monde diplomatique. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/landwirtschaft/140108\\_bund\\_landwirtschaft\\_fleischatlas\\_2014.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/landwirtschaft/140108_bund_landwirtschaft_fleischatlas_2014.pdf)
- BUND (2014b): Beschluss der Bundesdelegiertenversammlung des BUND zur Fortführung der Energiewende vom November 2014.
- BUND (2015a): Energieeffizienz im Wärme und Strombereich.
- BUND (2015b): Klimagerechtigkeit 2015, erscheint in Kürze.
- Clearingstelle EEG (2010): Votum 2010/2, Empfehlung zu dem Thema „Konversionsflächen“. Beschlossen am 1. Juli 2010.
- Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS 2013): Solarmodulrecycling, Ausgabe Nr. 3. [www.sonnenenergie.de/index.php?id=30&no\\_cache=1&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=265](http://www.sonnenenergie.de/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=265)
- Edenhofer, Ottmar u. a. (2011): Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008, Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Ekardt, Felix (2014): Jahrhundertaufgabe Energiewende: Ein Handbuch, Berlin: Christoph Links Verlag und Zentralen für politische Bildung.

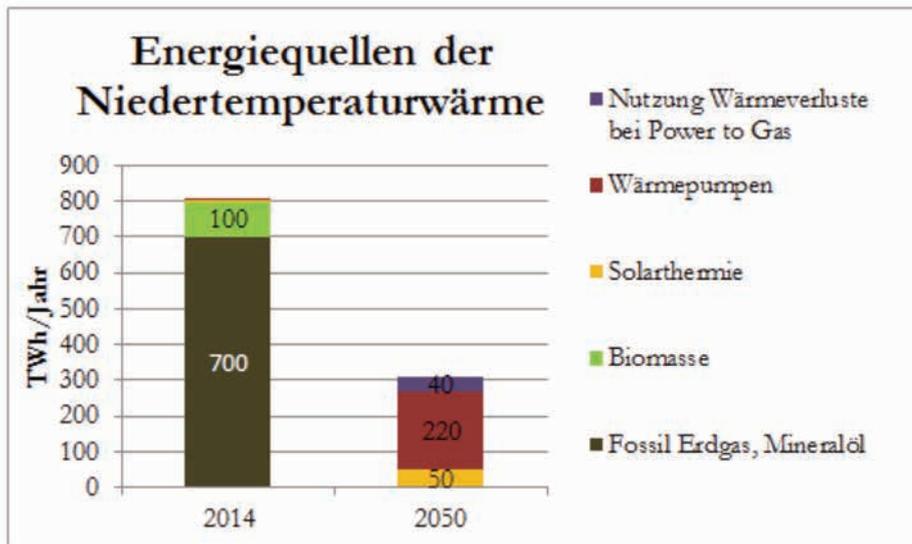
- Ekardt, Felix (2015): Theorie der Nachhaltigkeit: Rechtliche, ethische und politische Zugänge – am Beispiel von Klimawandel, Ressourcenknappheit und Welthandel, Neuausgabe, 3. Aufl., Baden-Baden: Nomos Verlag.
- Fraunhofer ISE (2013): Energiesystem Deutschland 2050. Sektor. Und energieübergreifende, modellbasierte, ganzheitliche Untersuchung zur langfristigen Reduktion energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energieeffizienz und den Einsatz Erneuerbarer Energien. <http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-energiesystem-deutschland-2050.pdf>
- Fraunhofer ISE (2015): Endbericht. Berechnung zeitlich hochaufgelöster Energieszenarien für eine 100% erneuerbare Energieversorgung der Stadt Frankfurt am Main. [www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/gf-60-systemintegration-und-netze/endbericht-berechnung-zeitlich-hochaufgeloe-energieszenarien-fuer-eine-100-erneuerbare-energieversorgung-der-stadt-frankfurt-am-main-kommod4ffm.pdf](http://www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/gf-60-systemintegration-und-netze/endbericht-berechnung-zeitlich-hochaufgeloe-energieszenarien-fuer-eine-100-erneuerbare-energieversorgung-der-stadt-frankfurt-am-main-kommod4ffm.pdf)
- Horlacher, Hans-Burkhard (2003): Globale Potenziale der Wasserkraft. Expertise für den wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung.
- Hötcker, Hermann (2006): Auswirkungen des „Repowering“ von Windkraftanlagen auf Vögel und Fledermäuse. Bergenhusen: Michael-Otto-Institut im NABU. [https://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/nabu/images/nabu/einrichtungen/bergenhusen/projekte/windenergie/windkraft\\_endbericht.pdf](https://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/nabu/images/nabu/einrichtungen/bergenhusen/projekte/windenergie/windkraft_endbericht.pdf)
- IPCC (2014): Climate Change 2014. Synthesis Report. [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)
- Scholz et. al. (2011): Ausbau von Speicherkapazitäten für eine effiziente Stromversorgung mit erneuerbaren Energien in Deutschland und Europa bis 2050. [www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2011-2/th2011\\_04\\_03.pdf](http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2011-2/th2011_04_03.pdf)
- Statistika (2015): Verteilung der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektor im Jahr 2012. <http://de.statista.com>
- Stern, Nicholas (2009): A Blueprint for a Safer Planet. How to manage Climate Change and create a new Era of Progress and Prosperity, London: Bodley Head.
- Umweltbundesamt (UBA 2013a): Energiesparen im Haushalt. [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/381/publikationen/energiesparen-im-haushalt.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/381/publikationen/energiesparen-im-haushalt.pdf)
- UBA (2013b): Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/treibhausgasneutrales\\_deutschland\\_im\\_jahr\\_2050\\_langfassung.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/treibhausgasneutrales_deutschland_im_jahr_2050_langfassung.pdf)
- UBA (2013c): Potenzial der Windenergie an Land. Studie zur Ermittlung des bundesweiten Flächen- und Leistungspotenzials der Windenergienutzung an Land. [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/potenzial\\_der\\_windenergie.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/potenzial_der_windenergie.pdf)
- UBA (2014): Geräte mit eingebautem Verfallsdatum: „Geplante Obsoleszenz“. [www.umweltbundesamt.de/service/green-radio/geraete-eingebautem-verfallsdatum-geplante](http://www.umweltbundesamt.de/service/green-radio/geraete-eingebautem-verfallsdatum-geplante)
- WWF, BUND u.a. (2014): Klimafreundlicher Verkehr in Deutschland, Berlin. [www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Verbaendekonzept\\_Klimafreundlicher\\_Verkehr.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Verbaendekonzept_Klimafreundlicher_Verkehr.pdf)

# Anhang



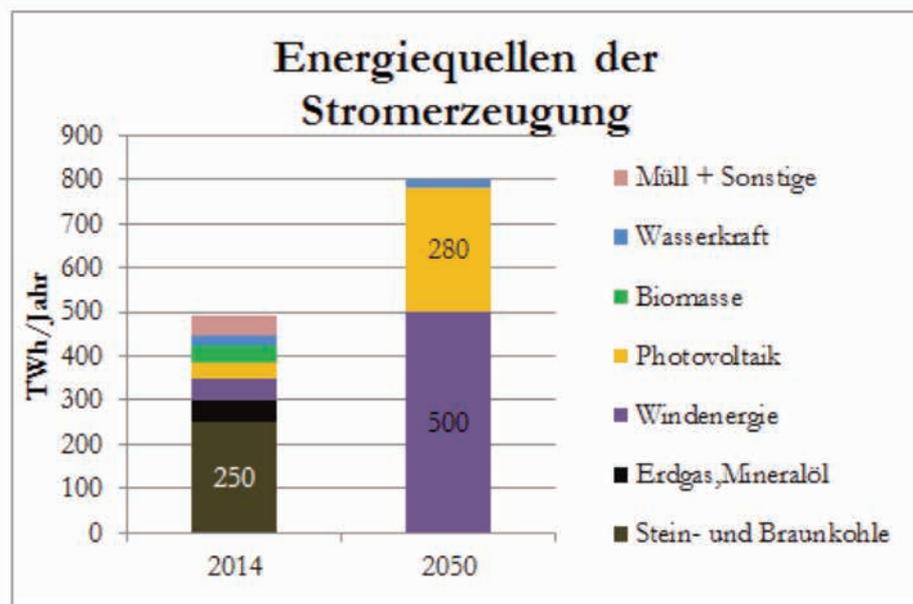
Quelle: 100prosim

Abb. 11: Primärenergieverbrauch



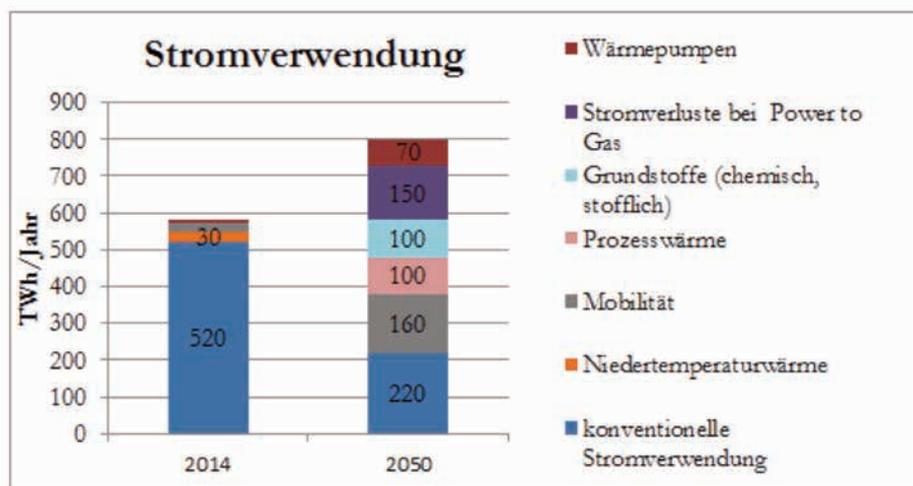
Quelle: 100prosim

Abb. 12: Energiequellen der Niedertemperaturwärme



Quelle: 100prosim

Abb. 13: Energiequellen der Stromerzeugung



Quelle: 100prosim

Abb. 14: Stromverwendung

- 1 Dass weder dies noch überhaupt der mangelnde Klimaschutz mit den Grundrechten – und daran geknüpft auch mit dem Verursacherprinzip – vereinbar ist, wird in Abschnitt 2 behandelt.
- 2 Die BUNDposition zur Klimagerechtigkeit im zukünftigen internationalen Klimaschutz (BUND 2015b) rechnet dies im Einzelnen aus.
- 3 Da das vorliegende Konzept keinen jahresgenauen Pfad angibt (siehe Abschnitt 4.2 zur Methodik), kann eine exakte Jahreszahl für Strom nicht ohne weiteres angegeben werden. Bei einer Jahreszahl 2030 ist unterstellt, dass im Verkehrssektor und auch bei der Wärme, die teilweise im Folgenden für eine künftige Umstellung auf Strom vorgeschlagen werden, noch nicht in vollem Umfang jene Umstellung vollzogen wurde. Vorausgesetzt werden müsste für ein 2030-Ziel zudem, dass der langfristig über Stromnetze, Speicher, Einspeisemanagement, Power to Gas u.a.m. (näher Abschnitt 5.6) in zentralen Teilen schon funktioniert.
- 4 Also das Betreiben von Kraftwerken, momentan in der Regel für Kohlekraftwerke diskutiert, mit Abscheidung und unterirdischer Speicherung des beim Betrieb erzeugten Kohlendioxids.
- 5 Die in Abschnitt 6 genannten Energieeinsparungen, die notwendig sind, um das hier dargestellte Zielszenario zu erreichen werden nicht eindeutig in Effizienz- und Suffizienzmaßnahmen unterteilt, weil dies zum einen einer klaren definitorischen Abgrenzung bedürfte (ist das zurücklegen der gleichen Strecke mit dem Fahrrad statt des Autos bereits eine Verhaltensänderung oder nur die Nutzung einer anderen Technologie), die zum anderen an dieser Stelle nicht maßgeblich ist. Siehe z. B. Fraunhofer 2013 für eine Studie mit konkreten Zwischenzielen, und Fraunhofer 2015 für die regionale Umsetzbarkeit von 100% erneuerbaren Energien.
- 6 Welche Rolle freiwilliges Handeln von BürgerInnen und Unternehmen und welche Rolle die Politik spielen kann, erörtern wir – für erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Suffizienz – in Abschnitt 10.
- 7 Also die gezielte Beeinflussung des Globalklimas etwa durch gesteuertes Algenwachstum in den Weltmeeren – wobei derartige Überlegungen (ganz abgesehen von den Nebenwirkungen) bisher rein theoretische und mit hoher Wahrscheinlichkeit gar nicht umsetzbare Wege darstellen.
- 8 Im entwickelten Szenario werden Ziele für Energieeinsparungen und den Umstieg auf erneuerbare Energien genannt, die sich auf den von uns gewünschten Endzustand beziehen, der 2050 erreicht sein soll. Dies ist nicht ohne Zwischenziele und Umstellungsprogramme möglich, die jedoch in diesem Papier nicht quantifiziert werden. Auf notwendige Maßnahmen wird in Abschnitt 10 eingegangen. Konkrete Ausbauziele und Ziele zu Energieeinsparungen mit kürzeren Zeithorizonten finden sich z.T. in den spezifischen BUND-Positionspapieren, stellen jedoch keinen Widerspruch, sondern lediglich einen Baustein zu der hier umfassend betrachteten Energiewende dar.
- 9 100prosim ist ein Simulator, der es ermöglicht, Modelle für eine Energieversorgung aus 100 % erneuerbaren Energiequellen innerhalb eines regionalen Bezugsrahmens zu erstellen. Weitere Informationen finden sich unter [www.wattweg.net](http://www.wattweg.net).
- 10 Das Modell geht von einer konstanten Bevölkerung (Stand 2010) aus, also von einem Sich-Ausgleichen von sinkenden Geburtenzahlen, steigender Lebenserwartung und Migration. Kommt es stattdessen zu einer abnehmenden Bevölkerung, wären (wenn man, wie in Abschnitt 2 angedeutet, von gleichen Pro-Kopf-Emissionsrechten aller Menschen weltweit ausgeht) alle nachstehenden Zahlen dieses Papiers entsprechend geringer anzusetzen.
- 11 Forstwirtschaftlich genutzte und nicht genutzte Flächen, wie beispielsweise Totalreservatsflächen, die für eine energetische Holznutzung nicht relevant sind. Die Datenlage in Bezug auf ungenutzte Flächen ist mangelhaft; hier werden 10 % der Waldflächen als ungenutzte Fläche angenommen.
- 12 Dies meint alle landwirtschaftlich genutzten Flächen; neben Ackerflächen sind auch Grünland-, Heide- und Moorflächen enthalten.
- 13 BMU 2007. Bislang sind keine deutschlandweiten Daten verfügbar, um zu ermitteln, wie viel Waldfläche nicht für forstwirtschaftliche Zwecke verwendet wird.
- 14 Unter Gebäude- und Freiflächen fallen hier Siedlungsflächen für Wohnen, Gewerbe und Industrie. Nicht darin enthalten sind öffentliche Verkehrsflächen, Erholungsflächen, Betriebsflächen und Friedhofsflächen.
- 15 In diesem Papier werden der Lesbarkeit halber möglichst große Maßeinheiten verwendet. 1 TWh = 1000 GWh; 1 GWh = 1000 MWh; 1 MWh = 1000 kWh. Die im Anhang befindlichen Tabellen geben GWh/a an. Der reduzierte Brutto-Gesamtbedarf in unserem Szenario beträgt 1.158.559 GWh (~1.169 TWh). Zum Vergleich: momentan verbraucht ein Zwei-Personen-Haushalt 2200 kWh/a Strom.
- 16 In seiner Studie zur Ermittlung des Windenergiepotenzials stellt z.B. das Umweltbundesamt fest, dass eine Flächennutzung von ca. 14 % unter Naturschutzaspekten nutzbar wären, allerdings ohne die Wirtschaftlichkeit zu betrachten (UBA 2013c).
- 17 Flächen, deren „ökologischer Wert infolge der ursprünglichen wirtschaftlichen oder militärischen Nutzung schwerwiegend beeinträchtigt ist.“ (Clearingstelle EEG 2010)
- 18 Prozesswärme im Temperaturbereich oberhalb von 100 Grad Celsius umfasst den Wärmebedarf von Produktionsprozessen in Industrie, Gewerbe und Haushalten (vom Hochofen bis zum Backofen).
- 19 Vgl. Horlacher 2003, S. 11.
- 20 Zum Vergleich: Ein herkömmliches fossiles Großkraftwerk hat einen Wirkungsgrad von 35-45% der Primärenergie.
- 21 Zur zunehmenden Begrenzung des Anwendungsbereichs von KWK angesichts des Auslaufs der fossilen Brennstoffnutzung siehe Abschnitt 6.
- 22 Die KWK ist wesentlicher Teil der Energiewende heute, mittelfristig und langfristig. KWK ist ein Prinzip und kein Brennstoff. Das Prinzip ist immer, unabhängig vom Energieträger, dass Wärmeerzeugung mit Stromerzeugung verbunden wird bzw. bei Stromerzeugung die Abwärme genutzt wird. Der BUND setzt sich dafür ein, dieses Ziel zum Jahr 2020 zu erreichen. Hierzu sollen Wärmenetze auf- und ausgebaut werden, Blockheizkraftwerke errichtet werden. Schon jetzt kommt eine wichtige künftige Rolle der KWK hinzu – der Einsatz flexibler steuerbarer KWK-Anlagen zum Ausgleich fluktuierender Stromerzeugung aus Wind und Solarenergie. Die bisher auf lange Laufzeiten ausgelegten Anlagen und Konzepte verändern sich hin zur Abdeckung von Spitzenzeiten. Dies gilt sowohl für Anlagen in Kommunen und Industrie als auch für Biogasanlagen. KWK-Einsatz kann Netzausbau verringern im Rahmen regionaler integrierter Stromangebote. Wesentlich wird sein, dass KWK immer mehr mit Wärmenetzen (Fernwärme, Nahwärme, Verbund von Gebäuden) verbunden ist. In diese Wärmenetze kann dann die KWK Wärme liefern, wenn KWK Strom fehlenden Strom aus Wind und Sonne ausgleicht, es können Wärmepumpen einspeisen, wenn Wind- und Sonnenstrom überschüssig vorliegen. Zugleich kann Solarwärme in diesen Wärmenetzen sinnvoll genutzt werden. Längerfristig (2040–2050) wird sich die Brennstoffbasis der KWK weitgehend auf die Rückverstromung und Wärmenutzung aus (erneuerbare erzeugtem) Power-to-Gas verlagern. Weitere Wärmenutzung über Kälteerzeugung (Ad-, Absorption) ist hierbei nicht modelliert.
- 23 (1) Gebäude im Passivhausstandard mit einem spezifischen Heizwärmebedarf von 15 kWh pro Quadratmeter und Jahr (ein Zehntel des heutigen Durchschnitts von 148 kWh/m<sup>2</sup>/a), der sich am ehesten bei Neubauten, in Einzelfällen aber auch durch konsequente energetische Sanierung erreichen lässt. Da im Zuge der Einsparungen auf ein Wachstum der beheizten Flächen verzichtet wurde, sind Neubauten immer nur als Ersatz für abzureißende Bestandsgebäude möglich. Wir sprechen uns für eine Neubaurate (ausschließlich nach dem Passivhausstandard) von 1 % jährlich aus. Zum Vergleich: Heute liegt die Neubaurate zum Ersatz von Bestandsgebäuden bei unter 0,1 %, wobei zudem die energetische Qualität noch weit hinter dem Passivhausstandard zurück liegt. (2) Energetisch sanierter Gebäudebestand, für den als Ziel – ambitioniert aber machbar – ein durchschnittlicher spezifischer Heizwärmebedarf von 60 kWh/m<sup>2</sup>/a angesetzt wurde. Das vorliegende Konzept avisiert zur Erreichung des gewählten Standards eine Sanierungsrate von 2 % jährlich. Zum Vergleich: Heute liegt die Sanierungsrate bei etwa 0,7 %, wobei zudem die energetische Qualität noch weit hinter dem hier getroffenen Ansatz zurück liegt. Mit diesen getroffenen Ansätzen wäre der gesamte Gebäudebestand innerhalb von 33 Jahren in einem zukunftsfähigen Zustand, ein Drittel der beheizten Flächen befänden sich in Passivhäusern, Zweidrittel in energetisch sanierten Gebäuden. Wenn die Neubau- und Sanierungsraten kurzfristig auf die genannten Werte hochgefahren werden, ist die Maßnahme im Zeitrahmen bis 2050 leistbar.
- 24 Eine gemeinsame Studie der Umweltverbände WWF, BUND, Germanwatch, NABU und VCD kommt ebenfalls zu dem Schluss, dass im Verkehrssektor eine Reduktion der Energienachfrage um 70 % machbar ist, wogegen dort ein höherer Anteil an Reduktionen im Güterflugverkehr und eine geringere Reduktion des motorisierten Individualverkehrs angenommen wird (WWF, BUND u. a. 2014). Es handelt sich dabei um einen gemeinsamen Vorschlag der Verbände, der nicht notwendigerweise vollständig mit BUND-Positionierungen deckungsgleich sein muss.

- 25 Die Kurzzeit-Stromspeicherung zum Ausgleich von Über- und Unterangebot jeweils innerhalb eines Tages blieben aus Gründen der Komplexitäts-Reduktion dagegen unberücksichtigt. Da hierfür überwiegend Speicher mit wesentlich höheren Wirkungsgraden und damit geringeren Wandlungsverlusten zum Einsatz kommen (Batterien, Pumpspeicher-Kraftwerke, Druckluftspeicher) erscheint diese Vereinfachung vertretbar. Allerdings fehlen die Wandlungsverluste der Kurzzeit-Stromspeicherung in der Kalkulation, die damit etwas zu optimistisch ausfällt. Mit Flexibilitätsoptionen (zeitliche Anpassung des Stromverbrauchs an das Angebot – „Smart Grid“ oder „Smart Meter“) lässt sich der Bedarf an Stromspeicherung in gewissen Grenzen verringern. Allerdings sind die möglichen Flexibilisierungsmaßnahmen aus heutiger Sicht zum größten Teil auf zeitliche Verschiebungen innerhalb eines Tages beschränkt. Sie wirken so überwiegend auf eine Verminderung der Kurzzeit-Stromspeicherung, deren Verluste ohnehin nicht im Szenario berücksichtigt sind. Der Langzeit-Stromspeichersimulation liegt die anspruchsvolle Annahme eines entsprechend leistungsfähig ausgebauten deutschen Stromnetzes zugrunde, das den Ausgleich zwischen unterschiedlichen Wetterzonen innerhalb Deutschlands erlaubt. Durch eine nach darüber hinausgehende Verstärkung des Netzes zum europaweiten Ausgleich über verschiedene Wetterzonen hinweg ließe sich eine gewisse Verringerung des Kurzzeit- und Langzeit Stromspeicherbedarfs und der damit verbundenen Verluste erreichen. Dies wurde im Rahmen dieses Szenarios aber nicht quantifiziert.
- 26 Vollständig möglich ist dies allerdings nicht. In der BUNDposition zur Klimagerechtigkeit im zukünftigen internationalen Klimaschutz (BUND 2015b) wird im Einzelnen vorgerechnet, dass zum globalen Klimaschutz angesichts seiner Leistungsfähigkeit und seiner historisch hohen Emissionen Deutschland eigentlich weit mehr als 100% an Emissionen bis 2050 oder sogar schon bis 2030 reduzieren müsste. Dies ist jedoch unmöglich. Deshalb wird dort ein Modell entwickelt, wie Deutschland einen Teil seiner Reduktionsverpflichtung durch internationale Finanzierungsleistungen erfüllen kann (zusätzliches Geld ist für Klimawandelanpassung und Klimawandelschäden in anderen Ländern nötig).
- 27 Wir leben in einer Welt, in der ungeachtet aller Rhetorik ein Leben und Wirtschaft mit hohem Ressourcenverbrauch eben „üblich“ ist; der nächste Flugplatz, die nächste Tankstelle, der nächste Facebook-Freund mit Urlaubsfotos aus Malaysia usw. sind nie weit entfernt, und unterschwellig orientiert auch unser Handeln sich in zentralen Hinsichten an diesen „Normalitäten“ (die sich bei Menschen immer auch kollektiv entwickeln und dabei meist nur langsam wandeln).
- 28 PolitikerInnen wollen häufig wiedergewählt werden und bevorzugen deshalb kurzfristige statt langfristige Entscheidungen. Ebenso bevorzugen Unternehmen häufig den schnellen Absatz – und wollen generell überhaupt Gewinn machen. Für BürgerInnen gilt die Erkenntnis, dass Menschen nicht überwiegend altruistisch motiviert sind, im Grundsatz ebenso.
- 29 Es können auch nicht einzelne BürgerInnen, PolitikerInnen, UnternehmerInnen „sich ihr persönliches stabiles Klima retten“ – dies geht nur gemeinsam, was auf den einzelnen Handlungswilligen demotivierend wirken kann.
- 30 Genau weil die nachstehenden Bedingungen etwa vom bisherigen EU-ETS nicht eingehalten werden, ebenso wie von vielen Ökosteueransätzen, hat der BUND immer wieder die grundlegende Verbesserung solcher Steuerungsansätze gefordert, etwa zuletzt zum EU-ETS (siehe BUND 2014b).
- 31 Es wären in einem solchen Upstream-ETS die Erstinverkehrbringer fossiler Energie, bei denen die schrittweise Emissionsverringerung ansetzen würde – und die die Kosten dafür an andere Unternehmen und die VerbraucherInnen weiterreichen würden (auch dazu bereits BUND 2009a).<sup>32</sup> Bepreisung in der Landnutzung kann, soweit die fossilen Brennstoffe (etwa im Mineraldünger) gemeint sind, wiederum über Abgaben, ETS oder Subventionsstreichungen erfolgen. Die sonstigen Landnutzungsemissionen etwa aufgrund von Landnutzungsänderungen sind dagegen einer Steuerung durch einen ETS aktuell nicht zugänglich, da die entsprechenden Emissionen nicht präzise erfasst werden können. Möglich ist es dagegen, bestimmte Landnutzungsformen etwa durch Abgaben ohne direkte Orientierung an einer konkret gemessenen Emissionshöhe stärker zu belasten.
- 33 Wird der Mineraldünger stärker bepreist, wird zugleich die ökologisch vorteilhafte Weidewirtschaft von Tieren deutlich gegenüber der Massentierhaltung prämiert, was sich in den dabei erzeugten Nahrungsmitteln im Preis niederschlägt.
- 34 Zum Projekt des BUND mit der Caritas „Stromsparcheck“ siehe [www.stromspar-check.de](http://www.stromspar-check.de).
- 35 Ausführlicher dazu WWF, BUND u.a. 2014 in einem umfassenden Verkehrskonzept; es handelt sich dabei um ein gemeinsames Papier der Umweltverbände und nicht um eine reine BUND-Positionierung. Dort wird zugleich eine Strategie angeboten, die die Ungewissheit über die Weiterentwicklung verschiedener denkbarer Technikvarianten in Rechnung stellt.
- 36 Ausführlicher dazu WWF, BUND u.a. 2014 in einem umfassenden Verkehrskonzept; es handelt sich dabei um ein gemeinsames Papier der Umweltverbände und nicht um eine reine BUND-Positionierung.
- 37 Zur Frage, ob sich z. B. Flugreisen nicht einfach durch Baumpflanzungen (vermittelt ggf. über entsprechende Anbieter wie Atmosfair) kompensieren lassen, siehe Abschnitt 3. Demgegenüber kommt eine Kompensation z. B. durch zusätzliche Energieeffizienz- oder Suffizienzmaßnahmen rechnerisch nur in Betracht, wenn diese Maßnahmen über die im vorliegenden Konzept ohnehin vorgesehenen Schritte hinausgehen.



## **Impressum**

### **Herausgeber:**

*Bund für Umwelt  
und Naturschutz  
Deutschland e. V. (BUND),  
Am Köllnischen Park 1  
10179 Berlin*

**Telefon:** 0 30/2 75 86-40

**Telefax:** 0 30/2 75 86-440

**mail:** [info@bund.net](mailto:info@bund.net)

[www.bund.net](http://www.bund.net)

### **AutorInnen:**

*Felix Ekardt, Werner Neumann,  
Jutta Wieding, Hans-Heinrich  
Schmidt-Kanefendt unter Mit-  
arbeit von Bettina Hennig und  
Marcus Bollmann*

*Das Papier wurde von einigen  
Mitgliedern der BUND-Bundes-  
arbeitskreise Umweltethik und  
Energie entwickelt. Es ist als  
eine Grundlage für weitere  
Beratungen im BUND gedacht,  
stellt aber keine verbindliche  
BUND-Positionierung dar.*

**ViSdP:** Dr. Norbert Franck

**Gestaltung:** Natur & Umwelt  
Verlag, Claudia Gunkel