

AUS POLITIK UND ZEITGESCHICHTE

Energiepolitik

Claudia Kemfert "WIR BEZAHLEN DEN PREIS FÜR DIE VERSCHLEPPTE

ENERGIEWENDE"

Frank Umbach
ENERGIE UND

SICHERHEITSPOLITIK

Henning Türk

KLEINE GESCHICHTE

DER ENERGIEPOLITIK

Michèle Knodt · Jörg Kemmerzell

AKTEURE UND
INSTITUTIONEN

Marc Oliver Bettzüge ENERGIEVERBRAUCH

IN DEUTSCHLAND

Benjamin Best · Carina Zell-Ziegler

ENERGIESPAREN DURCH ENERGIESUFFIZIENZ

Sylvia Schattauer

POTENZIAL

WASSERSTOFF



ZEITSCHRIFT DER BUNDESZENTRALE FÜR POLITISCHE BILDUNG

Beilage zur Wochenzeitung Das Parlament

Energiepolitik APuZ 46-47/2022

CLAUDIA KEMFERT

"WIR BEZAHLEN DEN PREIS FÜR DIE VERSCHLEPPTE ENERGIEWENDE"

Erneuerbare Energien sind "Friedensenergien". Auf der einen Seite verhindern sie Risiken durch Abhängigkeiten, auf der anderen sichern sie nachhaltigen Wohlstand. Die Auswirkungen der verschleppten Energiewende machen sich in der gegenwärtigen Energiekrise bemerkbar.

Seite 04-07

FRANK UMBACH

ENERGIE UND SICHERHEITSPOLITIK

Die internationale Energie(versorgungs)sicherheit birgt traditionelle Risiken und Verwundbarkeiten. Doch auch der globale Übergang hin zu einem "grünen" Zeitalter, basierend auf erneuerbaren Energien, führt zu neuen Sicherheitsherausforderungen.

Seite 08-15

HENNING TÜRK

KLEINE GESCHICHTE DER ENERGIEPOLITIK

Von Kohle über Öl und Gas bis zu den erneuerbaren Energien: Eine stabile Energieversorgung war stets ein zentrales Handlungsfeld der deutschen Politik, hat jedoch zu Abhängigkeiten geführt. Die aktuelle Gaskrise weist dabei Parallelen zur Ölpreiskrise in den 1970er Jahren auf.

Seite 17-24

MICHÈLE KNODT · JÖRG KEMMERZELL

AKTEURE UND INSTITUTIONEN

Die Umsetzung der Energiewende verteilt sich auf viele Akteure. Neben der Bundesregierung, den Ländern und Ministerien spielen auch Bundesämter, Behörden und Expertengremien eine immer wichtigere Rolle. Nicht zuletzt findet die deutsche Energiepolitik in einem EU-Rahmen statt.

Seite 25-31

MARC OLIVER BETTZÜGE

ENERGIEVERBRAUCH IN DEUTSCHLAND

Industrialisierte Volkswirtschaften wie die Bundesrepublik sind in hohem Maße von Energie abhängig. Dabei stellt sich nicht nur die Frage nach den unterschiedlichen Energieträgern. Die Bilanz des Endenergieverbrauchs macht kenntlich, wer letztlich wieviel verbraucht.

Seite 33-38

BENJAMIN BEST · CARINA ZELL-ZIEGLER

ENERGIESPAREN DURCH ENERGIESUFFIZIENZ

Unter den Vorzeichen der Energiekrise ist Energiesuffizienz das Gebot der Stunde. Auch für die Erreichung langfristiger (Klima-)Ziele spielt sie eine bedeutende Rolle. Praxisbeispiele verdeutlichen sowohl die Notwendigkeit als auch das Potenzial für die künftige Umsetzung.

Seite 39-47

SYLVIA SCHATTAUER

POTENZIAL WASSERSTOFF

Wasserstoff gilt als Zukunftstechnologie einer nachhaltigen Energieversorgung. Der Umsetzung stehen jedoch noch weitreichende Hürden in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik entgegen. Die Klimaziele sowie die aktuelle Energiekrise erfordern ein zügiges Handeln.

Seite 48-53

EDITORIAL

Bereits vor 50 Jahren erkannte der Club of Rome "Grenzen des Wachstums", die bestimmt sind durch die Endlichkeit der natürlichen, fossilen Rohstoffvorräte. Dennoch wird erst seit wenigen Jahren – vor dem Hintergrund der fortschreitenden Erderhitzung – an einem grundlegenden Umbau der Energieversorgung gearbeitet, der sich als äußert schwierig erweist. Der russische Angriffskrieg auf die Ukraine hat derweil eine Dimension im Energiesektor offengelegt, die lange aus dem politischen Fokus geraten war: Die Abhängigkeit von russischem Erdgas und die Folgen von Lieferstopps machen sich aktuell nicht nur in der (Energie-)Wirtschaft bemerkbar, sie betreffen alle Teile der Gesellschaft – Unternehmen, öffentliche Einrichtungen und Privathaushalte.

Die Energieversorgung erweist sich als wichtiger Aspekt der Sicherheitspolitik. Doch was ist nötig, um die aktuelle Krise zu bewältigen? Die politischen Instrumente sind vielfältig, die Kompetenzen verstreut. Neben dem zeit- und kostenintensiven Umbau in eine "grüne" Energiewirtschaft ist auf kurze Sicht wohl Pragmatismus gefragt: bei der Nutzung neuer und alter Technologien, beim Umbau des Energiesektors und nicht zuletzt beim Energiesparen.

Während in der Politik weitgehender Konsens besteht, dass die Energiewende notwendig und zügig voranzutreiben ist, gibt es ebenso Warnungen vor neuen Abhängigkeiten, etwa von seltenen Erden, um die dafür notwendige Technologie herzustellen. Indes erfordert die aktuelle Situation rasches Handeln: Die Verlängerung der Laufzeiten bestehender Atomkraftwerke, der Bau von Flüssiggasterminals, der "Doppel-Wumms" – die Diskussionen in Politik und Medien werden intensiv geführt. Mit Augenmaß gleichermaßen für Energiesicherheit und für Klimaneutralität zu sorgen, ist unter den Vorzeichen des Krieges nicht einfacher geworden.

Jacob Hirsch

INTERVIEW

"WIR BEZAHLEN DEN PREIS FÜR DIE VERSCHLEPPTE ENERGIEWENDE"

Fragen zur aktuellen Energiekrise und zum Wert erneuerbarer Energien

an Claudia Kemfert

Frau Kemfert, Sie bezeichnen erneuerbare Energien auch als "Friedensenergien". Warum? - Erneuerbare Energien schaffen Frieden, Freiheit und Gerechtigkeit, indem sie fossile Energiekriege und -krisen vermeiden. Wir befinden uns derzeit inmitten eines solchen fossilen Energiekrieges, angezettelt durch den Angriff Russlands auf die Ukraine. Die Preise für fossile Energien explodieren. Es ist nicht die erste Krise dieser Art, die wir erleben; in den vergangenen Jahrzehnten gab es zahlreiche solcher Situationen. Fossile Energien sind zumeist in Händen von autokratischen Regimen, die ihre Marktmacht ausnutzen. Je weniger wir also an fossilen Energien importieren müssen, desto weniger abhängig sind wir von geostrategischen Risiken weltweit. Erneuerbare Energien sind somit nicht nur "Freiheitsenergien", sie verteidigen auch die Demokratie vor einem Verlust ihrer Integrität.

Im Moment verändert sich die geopolitische Landschaft im Energiesektor. Neue Energiekooperationen werden geplant, zum Teil mit zweifelhaften Partnern. Zeigt das unsere Abhängigkeit oder ist das Ausdruck politischen Unwillens, erneuerbare Energien konsequent zu fördern?

- Wir bezahlen den Preis für die verschleppte Energiewende. Hätten wir die Energiewende nicht so massiv ausgebremst, erneuerbare Energien ausgebaut und das Energiesparen vorangebracht, könnten wir heute zuallererst auf heimische erneuerbare Energien zurückgreifen. Da aber der Anteil von 80 Prozent Erneuerbaren an der Stromerzeugung nicht erreicht wurde und wir auch in den Bereichen Gebäude und Verkehr nicht annähernd so weit sind, wie wir eigentlich hätten sein können, müssen wir wohl oder übel weiterhin fossile Energiekooperationen eingehen. Die wenigsten Anbieter für fossile Energieträger sind "lupenreine Demokraten", teilweise haben wir es mit moralisch höchst zweifelhaften Partnern zu tun. Daher ist es auch so wichtig, uns von diesen Fesseln zu befreien und alles daran zu setzen, auf heimische erneuerbare Energien bauen zu können. Das bedeutet nicht, dass

wir zukünftig gar keine Energie mehr importieren werden, besonders auf grünen Wasserstoff sind wir angewiesen. Dennoch werden die Importmengen deutlich geringer sein als heute. Zudem können wir anhand von Nachhaltigkeitszertifizierungen und -kriterien festlegen, dass wir Umwelt-, Klima und Sozialstandards bei der Herstellung und dem Transport von grünem Wasserstoff einhalten.

Wie stark würden Sie den Einfluss der Fossilen-Energie-Lobby einschätzen?

- Ich habe in meinen bisherigen Büchern, insbesondere in "Das fossile Imperium schlägt zurück", ausführlich dargelegt, warum die fossile Lobby so stark ist, und mit welchen Mythen sie versucht uns einzureden, dass die Energiewende nicht umzusetzen wäre. Die fossilen Lobbvisten waren und sind noch immer sehr stark: ihnen haben wir es zu verdanken, dass wir in der jetzigen Situation sind. Wir alle bezahlen dafür einen verdammt hohen Preis. Der Preis der verschleppten Energiewende ist gigantisch, nicht nur ökonomisch, politisch und geostrategisch, sondern auch - wie sich in Zukunft vermutlich noch stärker zeigen wird demokratisch.

Beim Gas ist es aktuell vor allem die Verknappung angesichts der Folgen des Ukrainekrieges, die die Preise in die Höhe treibt. Lässt sich das eins zu eins auch auf den Strommarkt übertragen? Welche Faktoren sind hier entscheidend?

 Gas ist in Deutschland vor allen Dingen wichtig für

die Wärmeerzeugung. Etwa die Hälfte der Haushalte in Deutschland heizen damit. Aber auch in der Industrie, wo etwa die Hälfte der Kraftwerke neben Strom auch Wärme herstellt - in sogenannten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen –, ist Gas essenziell. Knapp zehn Prozent des Stroms wird in Deutschland mit Gas hergestellt, derzeit steigt der Anteil sogar etwas, weil in Frankreich zahlreiche Atomkraftwerke ausfallen. Entsprechend steigt der Strompreis derzeit weniger aufgrund von Knappheiten in Deutschland, sondern aufgrund der Preissprünge bei den Brennstoffen. Hier ist vor allen Dingen Gas entscheidend. Der Strompreis an der Börse bildet sich gemäß der sogenannten Merit-Order, das heißt, das teuerste Kraftwerk bestimmt den Preis, hier die Gaskraftwerke. Daher ist es so wichtig, dass wir in der Zukunft von hohen fossilen Energiepreisen wegkommen, die auch den Strompreis ansteigen lassen. Erneuerbare Energien senken den Strompreis an der Börse und können dauerhaft preissenkend wirken. Sie sichern somit nicht nur Frieden und Freiheit, sondern stärken auch die Versorgungssicherheit und führen zu günstigeren Strompreisen.

Wie bewerten Sie die "Rückkehr" zur Kohle oder auch die Debatten um den verlängerten Einsatz von Atomenergie?

- Hier geht in der öffentlichen Diskussion viel durcheinander. Weder gibt es eine Rückkehr zur Kohle noch kann uns die Atomkraft derzeit aus der Krise helfen. Modellsimulationen und die Stresstests der

Bundesregierung belegen, dass wir derzeit in einer angespannten Stromversorgungslage sind, ausgelöst durch die maroden französischen Atomkraftwerke. Von denen sind derzeit über die Hälfte nicht am Netz. Bis zum Winter wird der Anteil zwar wieder zunehmen. aber ein Viertel wird vermutlich noch immer nicht angeschlossen sein. Dies wird sich auch auf die Versorgungslage in Deutschland auswirken. In Deutschland ist Strom aber nicht knapp, wir haben ausreichende Versorgungskapazitäten. Der Stresstest wurde durchgeführt, um extreme Szenarien zu simulieren, die von einem sehr geringen Einsatz von Atomkraftwerken, einer sehr hohen Nachfrage in Deutschland, einem witterungsbedingten Rückgang von Strom sowie geringen Kapazitäten im europäischen Ausland ausgehen. Dass all dies parallel eintritt, halte ich für extrem unwahrscheinlich. Und selbst wenn, reden wir über Stromausfälle von einigen Stunden im kommenden Winter. Dafür drei verbliebene Atomkraftwerke am Netz zu lassen, die nur maximal ein Prozent des Gasverbrauchs und maximal drei Prozent des Stroms ersetzen können, halte ich für nicht vertretbar. Der Aufwand ist enorm hoch, da das Atomgesetz geändert und Personal vorgehalten werden muss, sicherheitstechnische Überprüfungen durchgeführt und Brennelemente erworben werden müssen. Kurzfristig werden wir die in Sicherheitsreserve befindlichen Kohlekraftwerke nutzen, nicht nur um Strom herzustellen, sondern vor allen Dingen Wärme für Industrie und Haushalte. Der Dreh- und Angelpunkt ist aber ein deutlich schnellerer Ausbau der erneuerbaren Energien sowie die bessere Auslastung der in Deutschland befindlichen Kapazitäten.

Gibt es dabei Hoffnungsträger, und wie realistisch ist deren rascher Ausbau?

- Alle erneuerbaren Energien sind Hoffnungsträger, da wir sie alle benötigen, angefangen bei der Wind- und Solarenergie über nachhaltige Biomasse bis hin zu Wasserkraft sowie dem Einsatz von mehr Speichern. Pumpspeicherkraftwerke sind beispielsweise heute schon wirtschaftlich, dennoch werden sie abgeschaltet, weil der Strom mit unnötigen Abgaben und Umlagen belegt ist. Batterien in Heimspeichern oder der Elektromobilität können genutzt werden, um temporär Flexibilität zu schaffen. Virtuelle Kraftwerke gehören genauso zum Lösungspaket wie die Digitalisierung. Grüner Wasserstoff, das heißt aus Ökostrom gewonnener Wasserstoff, wird ebenso wichtig werden. Allerdings muss er aufwendig hergestellt werden, man benötigt drei- bis fünfmal so viel Strom, als wenn man ihn direkt nutzen würde. Er ist doch etwas für besondere Anlässe; ich bezeichne ihn immer als "Champagner der Energieträger": kostbar und teuer. Wir benötigen ihn aber insbesondere im Bereich der Schwerindustrie, teilweise im Schwerlastverkehr und im Schiffs- und Flugverkehr, da es dort keine elektrischen Alternativen gibt. Wir werden grünen Wasserstoff nicht allein aus Deutschland beziehen können, sondern

müssen auch diesen importieren. Dafür müssen schon heute die Infrastrukturen geschaffen werden.

Wie effektiv halten Sie die von der Regierung beschlossenen Energiesparmaßnahmen?

- Ich finde alle Energiesparmaßnahmen richtig. Die Bundesregierung kann nicht von Privathaushalten verlangen, dass sie sparen, wenn sie selbst nicht mit gutem Beispiel vorangeht. Daher ist es sinnvoll und richtig, dass man die Beleuchtung öffentlicher Gebäude temporär runterfährt, ebenso die maximale Raumtemperatur. In der Summe können auch kleine Maßnahmen am Ende einen Unterschied machen - nicht nur was die Energiebereitstellung und die Vermeidung von möglichen Knappheiten betrifft. Es werden auch reale Kosten vermieden. Und das ist in der aktuellen Situation extrem wichtig.

Welche Auswirkungen hat die Energieverteuerung für Unternehmen? Welche politischen Instrumente eignen sich, um die schlimmsten Verwerfungen in der Wirtschaft zu verhindern?

- Fossile Energien verteuern sich, und alle Unternehmen, die sehr hohe Mengen an fossiler Energie benötigen, haben extreme Preissteigerungen. Sie alle wie auch die gesamte Volkswirtschaft bezahlen nun den Preis für die verschleppte Energiewende. Erneuerbare Energien verursachen derartige Preissteigerungen nicht. Auch beim Strompreis könnten die Anstiege deutlich geringer sein. Jetzt geht es darum, auf der einen Seite die Kosten zu senken, das heißt das Sparen

voranzutreiben, und auf der anderen Seite die Energiewende so schnell wie möglich voranzubringen. Unternehmen sollten schnellstmöglich auf erneuerbare Energien beziehungsweise Alternativen zu fossiler Energie umsteigen. Als flankierende politische Instrumente bieten sich sowohl Prämien für Energieeinsparung als auch Förderprogramme für die Abkehr von fossilen Energien an.

Welche Potenziale und positiven Dynamiken lassen sich möglicherweise durch die Energiepreiserhöhung erwarten? – Potenziale können nur dann entstehen, wenn ernsthaft in das Energiesparen investiert wird - und in die Energiewende insgesamt. Beides droht leider wieder ausgebremst zu werden, da wir zurzeit rückwärtsgewandte Debatten der vergangenen 15 Jahre wiederholen. Ein Beispiel ist die Atomenergie, das andere ist der Bau von Flüssiggas-Terminals oder die Forderung, Kohle noch länger laufen zu lassen. In Krisenzeiten melden sich leider auch diejenigen zu Wort, die den Wandel verhindern wollen.

Droht eine neue soziale Spaltung entlang des "Energiecleavages" – zwischen Personen, die sich die teure Energie weiterhin leisten können und solchen, die im Winter zwei Pullover anziehen müssen? – Die neue soziale Spaltung ist Teil von Putins Plan. Durch die starke Abhängigkeit von fossilen Energielieferungen und die Preisanstiege für fossile Energie, die Teile des Ablaufplans sind, drohen nun massive soziale Verwerfungen. Diese sollen

nicht nur sozial spalten, sondern vor allem die Demokratie zersetzen. Die soziale Spaltung ist ein Ziel der Kampagnen, die wir aktuell schon sehen und die noch massiv zunehmen werden. Deswegen ist es so wichtig, soziale Unterstützung zu leisten und insbesondere den Einkommensschwächsten zu helfen. Zudem muss das Energiesparen belohnt werden. Gleichzeitig benötigen wir aber auch mehr Solidarität, denn dieienigen, die sich weiterhin Energie leisten können, sind gefordert, diese nicht weiter zu verschwenden. Dadurch lassen sich auch die hohen Preise senken.

Welche Entlastungsmaßnahmen können hier überhaupt greifen und die schlimmsten Verwerfungen abwehren?

- Kluge Energiepolitik schafft soziale Gerechtigkeit. Dazu gehören die Stärkung des ÖPNV sowie das Neun-Euro-Ticket, finanzielle Anreize für Energiesparmaßnahmen und die Energiewende insgesamt, die sich preissenkend auswirkt. Aber auch Pro-Kopf-Pauschalzahlungen sind sinnvoll, ebenso wie zielgerichtete Erstattungen der hohen Kosten für besonders Betroffene. Wichtig ist, dass nicht nach dem Gießkannenprinzip gehandelt wird, sondern zielgerichtet.

Was machen die prognostizierten Engpässe und Ratschläge aus Politik und Ökonomie mit unserer Gesellschaft und mit der Demokratie? Gilt das Wohlstandsversprechen noch oder wird es künftig eine andere Art Wohlstand sein?

Die Frage ist, was ein Wohlstandsversprechen meint. Ein

Wohlstand, der basierend auf vermeintlich billiger fossiler Energie zulasten der zukünftigen Generationen, des Klimas und der Umwelt geht, kann kein Versprechen sein, sondern bedeutet einen Trugschluss. Ein Wohlstand, der auf einer nachhaltigen Wirtschaftsweise, auf sozialer Gerechtigkeit, auf Klima- und Umweltschutz basiert, ist durchaus erreichbar und sollte uns allen ein Versprechen sein. Die bisherige Mentalität "höher, schneller, weiter" zulasten des Planeten und zukünftiger Generationen kann ohnehin nicht so weitergehen. Davon müssen wir uns verabschieden, wir alle können davon aber auch profitieren.

Wird es auch in Zukunft zu krisenbedingter Energieverknappung kommen?

- Eine kluge Energiewende vermeidet Energieverknappungen. Eine Vollversorgung aus erneuerbaren Energien ist nicht nur ökonomisch und technisch, sondern auch ökologisch effizient. Eine Vollversorgung aus erneuerbaren Energien senkt die Energiesystemkosten, da der Primärenergieverbrauch halbiert werden kann. Geringe Wirkungsgrade von Kraftwerken und Verbrennungsmotoren werden vermieden. Wenn Ökostrom direkt genutzt wird, erhöhen sich die Wirkungsgrade dagegen massiv. Das erhöht zwar auch den Stromverbrauch, senkt aber die Energiekosten, da der Primärenergiebedarf halbiert werden kann. Zudem werden nicht nur Umwelt und Klimaschäden vermieden, auch Kriege. Weitere fossile Energiekriege wird es nur dann geben, wenn es uns nicht gelingt, die Energiewende rasch umzusetzen.

Kann die Energiewende angesichts drohender Negativszenarien gelingen?

- Die Negativentwicklungen und Szenarien machen es sicherlich schwierig, die Energiewende so umzusetzen, wie es notwendig wäre. Ich erkenne die identischen Muster der vergangenen 20 Jahre, die uns in die aktuelle Situation und die damit verbundenen Krisen gebracht haben. Wir diskutieren nicht über Zukunftswege, sondern versuchen immer, die Vergangenheit möglichst lange festzuhalten. In Krisensituationen ein echtes Umsteuern zu erreichen, ist denkbar schwierig. Es ist uns in der Vergangenheit nicht gelungen. Dennoch bin ich optimistisch, dass es dieses Mal gelingen kann wenn wir alle verstehen, dass der Wandel Chancen bringt. Anders als in den vergangenen Krisen haben wir es hier mit einer von außen gesteuerten fossilen Energiekrise zu tun, die uns ungeahnte Potenziale eröffnen kann. Ich würde mir sehr wünschen, dass wir diese Chance ergreifen und die Energiewende beherzt umsetzen.

Wie werden wir in 20 Jahren auf die aktuelle Situation zurückblicken?

– Wenn es uns gelingt, dieses Mal die richtigen Lehren aus der Krise zu ziehen, haben wir die Krise in 20 Jahren erfolgreich gemeistert. Die Abhängigkeit von fossilen Energien wurde abgeschafft, wir versorgen uns autark mit erneuerbaren Energien, und schaffen so Frieden, Freiheit, Gerechtigkeit und Wohlstand.

Die Fragen wurden im Oktober 2022 schriftlich beantwortet.

CLAUDIA KEMFERT

ist Leiterin der Abteilung Energie, Verkehr und Umwelt am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) in Berlin sowie Professorin an der Leuphana Universität Lüneburg. sekretariat-evu@diw.de

ENERGIE UND SICHERHEITSPOLITIK

Warum wir eine vernetzte Sicherheitspolitik benötigen

Frank Umbach

Die militärische Invasion Russlands in die Ukraine hat zahlreiche kollektive Fehlannahmen von Politik und Wirtschaft bezüglich der deutschen Russlandpolitik sowie der (vermeintlichen) Energiepartnerschaft mit Russland offengelegt. Seitdem werden sowohl die hohe Gasimportabhängigkeit Deutschlands als auch der unzureichend berücksichtigte Faktor der Versorgungssicherheit als außen-, sicherheits- und wirtschaftspolitisch problematisch bewertet. Im Zuge des Ukraine-Krieges hat der Kreml wiederholt versucht, Deutschland politisch zu erpressen, indem immer weniger Gas über die Pipeline Nord Stream 1 geliefert wurde und größere Gaslieferungen vom Stopp der Waffenlieferungen an die Ukraine sowie der Aufhebung aller Wirtschaftssanktionen gegen Russland abhängig gemacht wurden. Bereits im Sommer 2021 hatte Russland zusätzliche Gaslieferungen zur Auffüllung der deutschen Gasspeicher an eine schnelle Zertifizierung von Nord Stream 2 und den Abschluss neuer Langfristverträge gebunden.01

Diese Gasexportdrosselung zwingt die EU kurzfristig dazu, entgegen ihrer ursprünglichen Pläne auf dem Weltmarkt sehr teures Pipelinegas aus Norwegen, Aserbaidschan und Algerien und vor allem Flüssiggas insbesondere aus den USA oder Katar zu Spot-Markt-Preisen einzukaufen und in neue Importterminals zu investieren. Die plötzliche Nachfrage nach zusätzlichen 100 bis 150 Milliarden Kubikmetern Flüssiggas pro Jahr für die EU kann aber auf dem Weltmarkt so schnell und ohne zusätzliche Investitionen in neue Gasförderfelder und Gasinfrastrukturen nicht gedeckt werden. Dies hat auf den globalen Gasmärkten zu einem Bieterwettstreit und Gas- sowie Strompreisexplosionen geführt. Diese historisch beispiellos hohen Kosten können jedoch weder die Privathaushalte noch die Industrie langfristig tragen.

Darüber hinaus hat der aktuelle Sabotageverdacht bei den Gaslecks an den beiden NordStream-Pipelines die Frage nach einem möglichst effektiven Schutz kritischer (Energie-)Infrastrukturen nicht nur unter Wasser aufgeworfen. Derartige (geo)politische und (geo)ökonomische Sicherheitsrisiken sind bisher in EU-Diskussionen über die Energieversorgungssicherheit viel zu kurz gekommen.

Vor diesem Hintergrund muss das deutsche Energiesicherheitskonzept kritisch analysiert und neu ausgerichtet werden. Angesichts der traditionellen Herausforderungen der Energiesicherheit seit den 1970er Jahren, die eng mit Importrisiken von Rohöl und ab 2006, im Zuge des ersten russisch-ukrainischen Gaskonfliktes, auch mit Pipelinegas verbunden sind, gilt dies umso mehr. Die Dekarbonisierung und der Ausbau der erneuerbaren Energien werden die Importrisiken zwar perspektivisch verringern, diese aber zugleich durch neue Versorgungs- und Sicherheitsrisiken ablösen, beispielsweise bei kritischen Rohstoffen und Wasserstoffimporten oder in Bezug auf Cyberangriffe auf kritische Energieinfrastrukturen. Oa Dabei rückt die sichere Stromversorgung insbesondere der kritischen Infrastrukturen mehr denn je in den Mittelpunkt künftiger Energiesicherheit.

Im Folgenden wird zunächst danach gefragt, wie Energiesicherheit bisher definiert und konzipiert wurde. In einem zweiten Schritt werden die neuen Dimensionen und Sicherheitsherausforderungen einer künftigen deutschen Energiesicherheit thematisiert. Hierzu gehören der Schutz kritischer Energieinfrastrukturen sowohl gegen physische als auch gegen Cyberangriffe, aber auch neue geopolitische Abhängigkeiten bei kritischen Rohstoffen.⁰⁴ Überlegungen zu neuen Diversifizierungs- und anderen Gegenstrategien müssen diese Risiken schon heute berücksichtigen und Abwehrmaßnahmen implementieren. Notwendig ist ein holistischer Ansatz einer "vernetzten Energiesicherheit", der sowohl ökonomische, soziale, politische wie auch geografische, historische und umwelt- und klimapolitische Bedingungsfaktoren berücksichtigt.⁰⁵

TRADITIONELLE ENERGIE(VERSORGUNGS-) SICHERHEIT

Traditionell wird unter Energiesicherheit "die ununterbrochene Verfügbarkeit von Energieressourcen zu einem bezahlbaren Preis" verstanden.06 Seit 2012 hat die Internationale Energieagentur (IEA) zudem zwischen kurz- und langfristiger Energiesicherheit differenziert: "[L]ong-term energy security mainly deals with timely investments to supply energy in line with economic developments and environmental needs. On the other hand, short-term energy security focuses on the ability of the energy system to react promptly to sudden changes in the supply-demand balance."07 Eine mangelhafte Energieversorgungssicherheit resultiert somit aus negativen ökonomischen, politisch-sozialen und klimatischen Entwicklungen, unzureichenden Investitionen in die physische

- **01** Vgl. Frank Umbach, Erdgas als Waffe. Der Kreml, Europa und die Energiefrage, Berlin 2022; ders., Die europäische Gaskrise und die manipulative Rolle Russlands, in: Europäische Sicherheit & Technologie (ES&T) 1/2022, S. 25–29; ders., Die deutsche Gaskrise. Die Auswirkungen der Reduzierung russischer Gaslieferungen und eines vollständigen Gasexportstopps, in: ES&T 8/2022, S. 28–31.
- **02** Vgl. Gerald Hosp/Lukas Mäder, Russland kann die Energieversorgung ganz Europas sabotieren, in: Neue Zürcher Zeitung, 5. 10. 2022, S. 23.
- **03** Vgl. Megan O'Sullivan/Indra Overland/David Sandalow, The Geopolitics of Renewable Energy, Harvard Kennedy School, HKS Working Paper RWP17-027; International Renewable Energy Agency (IRENA), A New World. The Geopolitics of the Energy Transformation, 2019; Daniel Scholten/Rick Bosman, The Geopolitics of Renewables: Exploring the Political Implications of Renewable Energy Systems, in: Technological Forecasting & Social Change Jg. 103/2016, S. 273–283.
- **04** Die geopolitischen Herausforderungen bei den künftig hohen Wasserstoffimporten Deutschlands und der EU werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt. Vgl. dazu u.a. Frank Umbach/ Joachim Pfeiffer, Künftiger Energieträger Wasserstoff. Geraten wir in neue Abhängigkeiten?, in: ES&T 3/2021, S. 33–37; dies., Germany and the EU's Hydrogen Strategies in Perspective The Need for Sober Analyses, Konrad-Adenauer-Stiftung Australien, Periscope Occasional Analysis Brief Series 1/2022; Frank Umbach, Hydrogen: Decarbonization's Silver Bullet?, 2.7.2020, www.gisreportsonline.com/r/eu-hydrogen-strategy. Siehe auch IRENA, Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor, Abu Dhabi 2022; Frithjof Staiß et al., Optionen für den Import grünen Wasserstoffs nach Deutschland bis zum Jahr 2030: Transportwege Länderbewertungen Realisierungserfordernisse, München 2022.

Verfügbarkeit von Energieressourcen und volatilen Preisen, die unter Umständen kaum noch bezahlbar sind.

Zudem muss bei der Analyse berücksichtigt werden, dass das Verständnis von Energiesicherheit in Produzenten- und Transitstaaten unterschiedlich zu dem in den Verbraucherländern ist. Während letztere primär an Versorgungssicherheit (supply security) interessiert sind, spielt für die Produzentenländer vor allem die Nachfragesicherheit (demand security) die ausschlaggebende Rolle. Demgegenüber sind Transitstaaten wie die Ukraine bei Gas mit Blick auf hohe Transiteinnahmen bei fossilen Energietransporten über ihr Territorium, etwa von russischem Gas nach Europa, sowohl an Versorgungssicherheit als auch an Nachfragesicherheit interessiert. Das jeweilige Konzept der nationalen Energiesicherheit hängt aber ebenso von der spezifischen geografischen Lage des Landes ab wie von seiner Innenpolitik sowie den staatlichen und privatwirtschaftlichen Beziehungen zu ausländischen Partnern.

Der zunehmende weltweite Transport von konventionellem Rohöl und dessen Endlichkeit sowie die Ressourcenabhängigkeit des weltweiten Transportsektors und der Chemieindustrie haben diesem Energieträger seit der Ölkrise im Oktober 1973 eine hohe strategische Bedeutung für die globale Wirtschafts-, aber auch für die Außen- und Sicherheitspolitik vieler Staaten beschert. So haben in der Vergangenheit immer wieder politische Konflikte in Öl- und Gasproduzentenstaaten vor allem bei Rohöl die Versorgungssicherheit auf den Weltmärkten beschränkt und zu wirtschaftlichen Verwerfungen sowohl aufseiten der Verbraucherstaaten als auch bei den Produzentenländern selbst, etwa bei stark sinkenden Ölpreisen, geführt.

Die Verfügbarkeit auf dem Weltrohölmarkt kann auch durch Störungen auf den internationalen Seefahrtswegen und in den Nadelöhren der

- 05 Die folgende Analyse basiert auf zwei größeren internationalen Studien des Autors. Vgl. Frank Umbach, Strengthening Energy Security and Building Resilience in the Asia–Pacific, United Nations Economic and Social Committee in Asia and Pacific (UN-ESCAP), Bangkok 2021; ders., Energy Security in a Digitalized World and Its Geostrategic Implications, Hongkong 2018.
- **06** So die Definition von "Energiesicherheit"/energy security durch die International Energy Agency (IEA), 1.10.2022, www. iea.org/topics/energy-security.
- 07 Ebd.; vgl. IEA, World Energy Outlook 2012, Paris 2012.

Schifffahrtsstraßen wie der Straße von Hormus oder dem Suezkanal durch Piraterie, Terrorismus, zwischenstaatliche Konflikte oder technische Defekte massiv beeinträchtigt werden. Infolge des "Arabischen Frühlings" und der anhaltenden politischen Instabilitäten durch politische Unruhen und regionalen Terrorismus in Nordafrika und im Mittleren Osten (Syrien, Irak, Libyen), aber auch durch die Krim-Annexion durch Russland 2014 und die iranischen Raketenangriffe auf Ölförderanlagen in Saudi-Arabien 2019, wurde die internationale Energiesicherheit wiederholt gefährdet, mit volatilen Preisentwicklungen und wirtschaftlichen Verwerfungen als Folgen. 08

Auch Terrorgefahren für die globale Energieinfrastruktur haben seit 2001 stark zugenommen und schließen Öl- und Gaspipelines ebenso ein wie Raffinerien, Offshore-Ölplattformen oder Öl- und Gastanker. Mit dem globalen Ausbau von Offshore-Windparks, neuen Offshore-Öl- und Gasplattformen, Unterwasserförderanlagen und -pipelines sowie Internet- und Stromleitungen unter Wasser haben auch die Bedrohungen und geopolitischen Risiken für diese maritimen kritischen Infrastrukturen seit mehr als einem Jahrzehnt zugenommen – zumal diese nicht ähnlich schnell repariert werden können wie jene an Land. 99

Zudem spiegelt sich beim "Ressourcenfluch" westlicher Energieabhängigkeit nicht nur ein enger Zusammenhang zwischen hohen Ölpreisen und Rentierökonomien wider, sondern auch jener zwischen hohen Ölpreisen, unzureichender Reformbereitschaft, mangelnder Demokratisierung und konfrontativer Außenpolitik vieler wohlhabender Produzentenstaaten. Trotz der Förderkürzungen bei Rohöl und Erdgas infolge der je-

08 Vgl. Frank Umbach, Strategische Auswirkungen des Angriffs auf die saudischen Ölförderstätten, in: ES&T 11/2019, S. 20–24. 09 Vgl. ders./Uwe Nerlich, Asset Criticality in European Gas Pipeline Systems – Increasing Challenges for NATO, Its Member States and Industrial Protection of Critical Energy Infrastructure, in: Adrian Gheorghe/Liviu Muresan (Hrsg.), Energy Security. International and Local Issues, Theoretical Perspectives and Critical Energy Infrastructures, Dordrecht 2011, S. 273-303; ders., Critical Energy Infrastructure Protection in the Electricity and Gas Industries. Coping with Cyber Threats to Energy Control Centers, OSCE-CTN Newsletter, Special Bulletin: Protecting Critical Energy Infrastructure from Terrorist Attacks, Wien 2010, S. 25–28; Friedrich Steinhäusler et al., Integrated Security Concepts for the Oil and Gas Industry: Terrorist Capabilities, in: Strategic Insights 1/2008, www.hsdl. org/?view&did=483063.

weiligen Preisstürze seit 2014, verschärft durch die globale Pandemie 2020, den weltweiten Wirtschaftseinbruch und die damit weiter sinkende Nachfrage nach Rohöl und Erdgas sowie Flüssigerdgas, gefährdete das niedrige Preisniveau bis Ende 2020 die sozioökonomische und politische Stabilität vieler Öl- und Gasförderländer. Mit dem weltweit beschleunigten Ausstieg aus der fossilen Energieerzeugung infolge neuer internationaler Klimaschutzmaßnahmen droht eine politischwirtschaftliche Destabilisierung dieser Länder und Regionen, mit weitreichenden geopolitischen Auswirkungen aufgrund einer fehlenden oder bisher völlig unzureichenden Diversifizierung ihrer Ökonomien.¹⁰ Dies zeigt sich auch am Beispiel Russlands. Der Kreml konnte seine Abhängigkeit vom fossilen Energie- und Rohstoffsektor seit dem Amtsanritt von Präsident Putin 2000 nicht verringern, und dies ist auch in der neuen Energiestrategie bis 2035 nicht vorgesehen.¹¹

Je mehr jedoch die eigene Energieversorgung von autoritär-diktatorischen Machthabern, Paria-Staaten oder unsicheren Exporteuren abhängig ist, desto mehr droht auch die eigene außenpolitische Glaubwürdigkeit und Berechenbarkeit Schaden zu nehmen. Auch die aus der Abhängigkeit entstehende Selbstabschreckung kann die außenpolitischen Optionen begrenzen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die steigende Importabhängigkeit in außen- und sicherheitspolitischen Fragen zu Devotion, Korruption oder Vetternwirtschaft mit derartigen Regimen führt. Gerade die deutsche Russland- und Energiepolitik bis 2021 ist ein Paradebeispiel hierfür. 12

Gleichzeitig hat die Schieferöl- und Gasrevolution in den USA die Verfügbarkeit der weltweiten Öl- und Gasreserven seit 2010 deutlich erhöht und bis 2020 zu einer globalen Öl- sowie Gasschwemme geführt, die deutlich niedrigere Weltmarktpreise nach sich zog.¹³

¹⁰ Vgl. Umbach (Anm. 5).

¹¹ Vgl. ders., Russlands Energie- und Klimapolitik am Scheideweg. Globale und europäische Herausforderungen des russischen Energie-Supermachtstatus, in: ES&T 10/2021, S. 44–47.

¹² Vgl. ders., Erdgas als Waffe (Anm. 1).

¹³ Vgl. ders., Geopolitical Dimensions of Global Unconventional Gas Perspectives, in: R. Quentin Grafton/lan G. Cronshaw/Michal C. Moore (Hrsg.), Risks, Rewards and Regulation of Unconventional Gas. A Global Perspective, Cambridge u. a., S. 8–34; ders., Europäische Energiesicherheit im Wandel. Globale Energiemegatrends und ihre Auswirkungen, München 2017.

Ohne diese Neuerung wären die Preisvolatilitäten und Risiken auf den Weltenergiemärkten im vergangenen Jahrzehnt deutlich größer gewesen.¹⁴

Dies spiegelt sich auch in neueren quantitativen Untersuchungen zur weltweiten Energiesicherheit wider, auch wenn hierbei einerseits zwischen Öl- und Gasversorgungssicherheit unterschieden werden muss und andererseits die Sicherheitslage sich keineswegs in allen Staaten positiv darstellt. Gleichwohl kamen die Untersuchungen zum weltweiten "Energietrilemma" zu dem Ergebnis, dass sich die internationale Energiesicherheit – im Wesentlichen als Folge der USSchiefergas- und Schieferölrevolution – bis etwa 2020 durchaus verbessert hatte, auch wenn dies zeitweise mit Blick auf Regionen wie den Persischen Golf oder Nordafrika nur mit Einschränkungen galt.¹⁵

ERNEUERBARE ENERGIEN UND DEKARBONISIERUNG

Zwar können erneuerbare Energien als heimische Energiequellen angesehen werden, die die Abhängigkeiten von fossilen Rohstoffimporten künftig verringern. Daher ist auch ihr weltweiter Ausbau und eine damit verbundene Dekarbonisierung sowie Dezentralisierung der zukünftigen globalen Energieversorgung prinzipiell zu begrüßen. Doch entstehen dabei zahlreiche neue Sicherheitsherausforderungen, wie die folgenden beiden Beispiele verdeutlichen.

Cybersicherheit und kritische (Energie-)Infrastrukturen

Die Allgegenwärtigkeit von Cyberangriffen stellt die traditionelle Auffassung von nationaler und kollektiver Sicherheit sowie von Verteidigung und Abschreckung zunehmend infrage. Mit der weiteren Digitalisierung des Energiesektors und anderer kritischer Infrastrukturen nehmen auch

- 14 Vgl. Ed Crooks/Anjli Raval, Energy: The Indispensable Country, 15.7.2014, www.ft.com/content/601a8476-0b5d-11e4-ae6b-00144feabdc0; Ed Crooks, The US Shale Revolution. How It Changed the World (and Why Nothing Will Ever Be the Same Again), 24.4.2015, www.ft.com/content/2ded7416-e930-11e4-a71a-00144feab7de.
- **15** Vgl. beispielsweise Institute for 21st Century Energy/U.S. Chamber of Commerce, International Index of Energy Security Risk, Washington, D.C. 2016; World Energy Council/Oliver Wyman, World Energy Trilemma Index 2017, London 2017.

die Risiken und Gefahren für deren Sicherheit zu – insbesondere, je komplexer und vernetzter die Steuerung und Kontrolle beispielsweise von Kraftwerken oder Energie- und Datennetzen ausgeprägt sein wird. Auch die breite Einführung intelligenter Stromzähler (*smart meter*) und anderer Smart-Home-Technologien, intelligenter Stromnetze (Smart-Grid-Systeme) sowie die generelle Vernetzung von Lebens- und Arbeitswelt ("Internet der Dinge" und "Industrie 4.0") schaffen viele neue Angriffspunkte.¹⁶

Als besonders problematisch gelten Cyberangriffe, die mit geheimdienstlicher Unterstützung erfolgen und mit politisch-wirtschaftlichen Zielsetzungen verbunden sind. Diese richten sich vermehrt gegen kritische Infrastrukturen, die besonders sensitiv für das Überleben des Staates sind und die Aufrechterhaltung seiner vitalen staatlichen Funktionen gewährleisten.

Kritische Infrastrukturen schließen Informations- und Telekommunikationssysteme ebenso ein wie die Sektoren Energieversorgung, Transport und Verkehr, Gesundheitswesen, Finanzund andere sensible Dienstleistungen. Diese kritischen Infrastrukturen sind durch ein hohes Maß an interner Komplexität und einer hochgradigen gegenseitigen Abhängigkeit sowie Verwundbarkeit gekennzeichnet. Gleichzeitig ist die Vernetzung aller kritischen Infrastrukturen in modernen Industriegesellschaften von einer stabilen Stromversorgung und dem Internet abhängig.

Im Falle einer längerfristigen Unterbrechung der Stromversorgung – der Hauptschlagader moderner industrieller Staaten, hochvernetzter Gesellschaften und des Internets – sind lebenswichtige staatliche Aufgaben wie die Energie- und Wasserversorgung und das Funktionieren vieler anderer kritischer Infrastrukturen nicht mehr gewährleistet. Der beispiellose russische Cyberangriff auf die ukrainische Stromversorgung im Dezember 2015, der bei rund 230000 Menschen in drei westukrainischen Regionen zu knapp sechs Stunden andauernden Stromausfällen führte, hat diese Verwundbarkeit hochvernetzter kritischer

- 16 Vgl. Frank Umbach, Energy Security (Anm. 5), S. 42ff., S. 77 ff., S. 104 ff.; ders., Schutz kritischer Infrastrukturen im Zeitalter von Cybersecurity, Mittler-Brief 2/2017; ders., Energy Cybersecurity: The Need for Effective Resilience, 12.3.2018, www.gisreportsonline.com/r/digital-pearl-harbor/.
- 17 Vgl. Thomas Petermann et al., Was bei einem Blackout geschieht. Folgen eines langandauernden und großräumigen Stromausfalls, Berlin 2011.

Infrastrukturen vor allem in westlichen Industriegesellschaften offengelegt.¹⁸

Daher müssen kritische Infrastrukturen auch gegen immer raffiniertere Cyberangriffe (advanced persistent threats) robuster und widerstandsfähiger werden, wenn eine Abkoppelung vom Internet und der Aufbau von parallelen Intranets nicht möglich erscheint oder nicht gewollt ist. Eine redundante Stromversorgung und Reservekapazitäten werden künftig mehr denn je von zentraler strategischer Bedeutung für die Energieversorgungssicherheit sein, um für qualitativ völlig neue Cybergefahren und die Risiken großflächiger Stromausfälle gewappnet zu sein. Doch wie der jüngste Stresstest zur Stromversorgungssicherheit in Deutschland vom September 2022 zeigt, finden geopolitische Risiken wie ein russischer Cyberangriff auf das deutsche und europäische Stromsystem nicht hinreichend Beachtung, weil dies im Resultat größere Reservekapazitäten der Stromerzeugung (durch Kernkraft- und Kohlekraftwerke) erfordert hätte.19

Jede Art der Störung des Elektrizitätssektors kann sich auf andere Orte, Branchen oder Sektoren auswirken – auch über EU-Landesgrenzen hinaus. Unternehmen, ebenso wie Staaten, benötigen daher umfassende, mehrschichtige und integrierte *Indepth*-Sicherheitskonzepte, die zudem Teil eines übergeordneten europäischen Sicherheitskonzepts werden müssen. Auch die Einführung der neuen 5G-Netzwerktechnologie wird – auch unabhängig von der Frage, ob der chinesische Konzern Huawei hierfür als Partner infrage kommt – viele zusätzliche Cybersicherheitsrisiken schaffen. Selbst die Gefahr eines "digitalen Pearl Harbor" im 21. Jahrhundert wird inzwischen nicht länger ausgeschlos-

18 Vgl. Eduard Kovacs, Ukraine Power Grid Attacks Part of a 2-Year Campaign, 5. 10. 2016, www.securityweek.com/ukraine-power-grid-attacks-part-2-year-campaign; Cybersecurity & Infrastructure Security Agency, ICS Alert: Cyber-Attack Against Ukrainian Critical Infrastructure, 25. 2. 2016, www.cisa.gov/uscert/ics/alerts/IR-ALERT-H-16-056-01; Frank Umbach, The Rise of State-Supported Cyberattacks from Russia, 19. 11. 2019, www.gisreportsonline.com/r/russian-cyberattacks.

19 Vgl. 50hertz et al., Abschlussbericht Sonderanalysen Winter 2022/2023, Berlin 2022.

20 Vgl. Frank Umbach, EU Policies on Huawei and 5G Wireless Networks. Economic-Technological Opportunities vs. Cybersecurity Risks. S. Rajaratnam School of International Studies, RSIS Working Paper 332/2020; Network and Information Systems Cooperation Group/European Union Agency for Cybersecurity, Cybersecurity of 5G Networks: EU Toolbox of Risk Mitigation Measures, CG Publication 1/2020.

sen, da die Grenzen zwischen Cyberkriminalität, Cyberterrorismus und einem von Privaten oder von Staaten unterstützten Cyberkrieg als eine neue Form der asymmetrischen und hybriden Kriegsführung zunehmend fließend sind.

Die Schädigung oder Unterbrechung sensitiver Funktions- und Kommunikationsprozesse innerhalb von und zwischen kritischen Infrastrukturen kann weitreichende politische, soziale und wirtschaftliche Auswirkungen haben, die sich zudem kaskadenartig schnell auf andere (Nachbar-)Staaten erstrecken können. Dabei gilt mehr denn je: Je stärker eine Industriegesellschaft sowie deren kritische Infrastrukturen von einer stabilen Stromversorgung abhängen und über das Internet vernetzt sind, desto stärker sind auch die potenziellen Risiken und Verwundbarkeiten.

Kritische Rohstoffe und Energiesicherheit

Auch der Ausbau der erneuerbaren Energien kann zu geopolitischen Verwundbarkeiten und Importabhängigkeiten führen. Doch sind diese anders gelagert als bei fossilen Energieträgern. So nehmen die Risiken bei erneuerbaren Energien tendenziell zu, weil für den Bau und den Betrieb von Windkraftanlagen, Solarzellen, Batteriespeichern und anderen "grünen Technologien" kritische (nicht-energetische) Rohstoffe und Mineralien benötigt werden – beispielsweise seltene Erden, Lithium und Kobalt.

Die Palette kommerzieller und militärischer Einsatzgebiete dieser kritischen Rohstoffe ist vielfältig und reicht weit über den Bereich der erneuerbaren Energien hinaus: von Mobiltelefonen über Computerfestplatten, Batterien für Elektrofahrzeuge bis hin zu Präzisionslenkwaffen und High-tech-Munition.

In Deutschland versuchte vor allem der Bundesverband der Deutschen Industrie ab 2004, auf die zunehmende Abhängigkeit der deutschen Wirtschaft von einer stabilen Versorgung mit kritischen Rohstoffen hinzuweisen, und schlug gemeinsame politisch-wirtschaftliche Gegenstrategien vor. Doch dauerte es bis 2010, bis sich die Bundesregierung mit der Wirtschaft auf ein erstes Rohstoffkonzept einigen konnte.²¹ Auch

21 Vgl. Bundesregierung, Rohstoffstrategie der Bundesregierung, Berlin 2010; dies., Rohstoffstrategie der Bundesregierung, Berlin 2020; Frank Umbach, Neue Herausforderungen für die deutsche Rohstoffversorgungssicherheit, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 1–2/2020, S. 31–36.

aufseiten der EU wurden die Herausforderungen der Rohstoffversorgungssicherheit seit 2008 konzeptionell erfasst und eine Rohstoffinitiative mit entsprechenden Gegenmaßnahmen ins Leben gerufen.²²

Während einerseits eine Verbesserung der Versorgungssicherheit mit kritischen Rohstoffen für die deutsche und europäische Wirtschaft konstatiert werden kann, sind andererseits auch Rückschritte zu verzeichnen. Ein Beispiel dafür ist der Vorschlag deutscher Unternehmen von 2012 zur Gründung einer Rohstoffallianz, zu der sich die deutsche Wirtschaft aber nicht durchringen konnte und die 2015 offiziell aufgegeben wurde. Noch immer besteht in Teilen der Wirtschaft und auch auf der politischen Ebene ein zu großes Vertrauen in die selbstregulierenden Kräfte des Marktes. Dies nimmt jedoch weder die Tendenzen eines internationalen Ressourcennationalismus noch die langfristige merkantilistische Strategie Chinas, komplette Wertschöpfungsketten bei künftigen Schlüsseltechnologien zu kontrollieren, ausreichend zur Kenntnis.

Diese Thematik wurde vor 2020 weitgehend isoliert betrachtet und wird erst seit wenigen Jahren als integraler Bestandteil künftiger Energiesicherheit begriffen. Erst die Pläne von Deutschland und der EU zur Einrichtung einer "Batterieallianz" ab 2017 und der Aufbau von Gigafabriken für Batterien für Elektrofahrzeuge haben dazu geführt, dass erstmals die Schaffung von kompletten industriell-technologischen Wertschöpfungsketten in Angriff genommen wird. In diesem Zusammenhang wird die Ressourcensicherheit für die Batterieherstellung im Kontext der Elektromobilität auch von der Energiepolitik forciert.²³

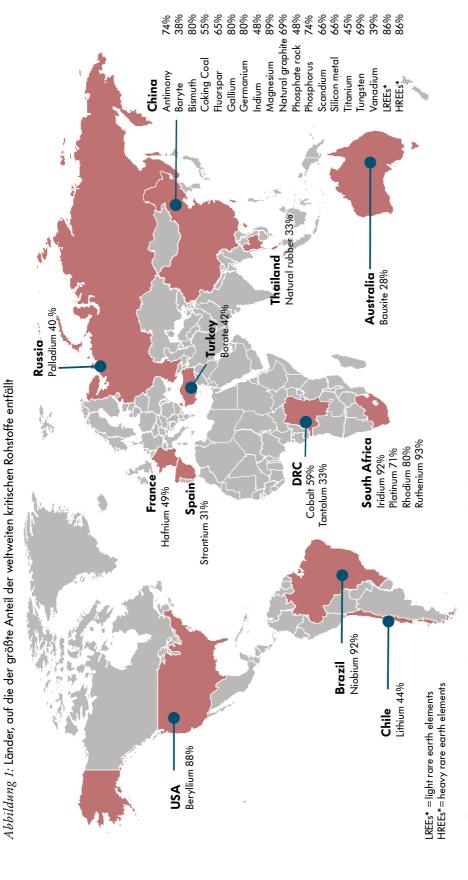
In Deutschland und der EU entfallen rund 80 Prozent der Importe von kritischen Rohstoffen und weiterverarbeiteten Rohstoffprodukten

22 Vgl. Europäische Kommission, Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad-Hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials, Brüssel 2010; dies., Report on Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad-Hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials, Brüssel 2014; dies., On the List of Critical Raw Materials for the EU, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brüssel 2017.

23 Vgl. Europäische Kommission, Electric Vehicle Life Cycle Analysis and Raw Material Availability, Transport & Environment, Briefing, Brüssel 2017. allein auf China. Während große Unternehmen in Deutschland ihre Rohstoffe und weiterverarbeiteten Produkte direkt in China einkaufen und auf langfristige Lieferverträge setzen, sind kleinere Unternehmen meist von Zwischenhändlern und deren Bevorratung abhängig. Auch sie sind damit letztendlich dem guten Willen Beijings unterworfen und abhängig von der möglicherweise unsicheren Selbsteinbindung Chinas in die Weltwirtschaft sowie international fairen, arbeitsteiligen Wertschöpfungsketten. So setzen die Beijinger Strategie "China 2025" sowie der selbst proklamierte Aufstieg zur globalen technologischen Führungsmacht auf die strategische Kontrolle von technologischen Schlüssel-Wertschöpfungsketten auf globaler Ebene. Demgegenüber basiert die westliche Industrie- und Rohstoffpolitik weiterhin auf einem Best-case-Szenario, obwohl weder China noch die USA unter Präsident Donald Trump ("America First") sich in den vergangenen Jahren von Ansätzen multilateraler Nutzenvorteile haben leiten lassen. China hatte infolge eines maritimen Ressourcenkonfliktes mit Japan schon 2010 versucht, Tokio durch einen Lieferstopp von seltenen Erden politisch zu erpressen.

Die internationalen Herausforderungen haben sich in den vergangenen Jahren durch den weltweiten Ausbau der erneuerbaren Energien und anderer grüner Technologien, der Digitalisierung aller Industriesektoren sowie bei Batterietechnologien weiter verschärft, da all diese neuen Technologien sehr materialintensiv sind und mehr denn je kritische Rohstoffe benötigen. Zwar gibt es keine wirklichen geologischen Beschränkungen der Ressourcenverfügbarkeit weder bei seltenen Erden noch bei anderen kritischen Rohstoffen -, wohl aber bei der konkreten Förderung, Weiterverarbeitung oder dem Recycling. Beschränkungen entstehen vor allem durch instabile Förderländer, restriktive Umweltregulierungen, fehlende Good Governance oder Ressourcennationalismus.24

24 Vgl. World Bank Group, The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future, Washington, D.C. 2017; OECD, Global Material Resources Outlook to 2060, Paris 2020; Dolf Gielen, Critical Minerals for the Energy Transition, International Renewable Energy Agency, Technical Paper 5/2021; IEA, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, Paris 2021; Frank Umbach, Critical Raw Materials for the Energy Transition: Europe Must Start Mining Again, 10.1.2022, https://energypost.eu/critical-raw-materials-for-the-energy-transition-europe-must-start-mining-again.



 Q_{nelle} : Europäische Kommission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020). Final Report, Luxemburg 2020.

In den vergangenen 30 Jahren hat sich der weltweite metallische Rohstoffbedarf um mehr als 50 Prozent erhöht und beträgt inzwischen mehr als 60 Milliarden Tonnen pro Jahr. Dieser Bedarf wird sich als Folge der weiter ansteigenden Weltbevölkerung, des Wirtschaftswachstums vor allem in den Schwellenländern und der sich beschleunigenden Technologierevolutionen in Zukunft weiter erhöhen. Die wachsende Besorgnis und die geoökonomische Bedeutung spiegeln sich auch in der Liste der benötigten kritischen Rohstoffe der Europäischen Kommission wider, deren Anzahl von 14 kritischen Rohstoffen im Jahr 2011 auf 30 im Jahr 2020 gestiegen ist. 25

STRATEGISCHE PERSPEKTIVEN

Der Schwerpunkt der aktuellen Debatten über die zukünftige globale Energiesicherheit liegt auf der Dekarbonisierung, also dem Übergang vom fossilen in ein "grünes" Zeitalter auf der Basis von erneuerbaren Energien. Doch ist der Fokus dieser Diskussionen in hohem Maße auf ein Nachfragemanagement und die Integration von erneuerbaren Energien gerichtet, verbunden mit einer eher dezentralen Ausrichtung des künftigen Energiesystems sowie damit verbundener Technologieinnovationen, technokratischer Lösungsund Regulierungsansätze sowie neuer Marktdesigns. Vielfältige politische Dimensionen einer Dekarbonisierung des Weltenergiemix - wie die strategischen Interessen der Öl- und Gasförderländer - werden in diesen Diskussionen häufig entweder ganz ausgeblendet oder marginalisiert. Dies gilt auch für eine Vielzahl von Sicherheitsfragen infolge der Einführung neuer Digitalisierungstechnologien und einer zunehmenden Vernetzung von staatlichen, kommerziellen und privaten Energieinfrastrukturen.

Damit relativieren sich auch viele der bisherigen Grundannahmen der europäischen und vor allem der deutschen Energiepolitik. Deren Kernpunkt, der Ausbau erneuerbarer und dezentraler Energien, wird dadurch zwar nicht infrage gestellt. Doch das bislang oft mit apodiktischer Si-

25 Vgl. Europäische Kommission, Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path Towards Greater Security and Sustainability. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brüssel 2020; dies., Study on the EU's List of Critical Raw Materials (2020). Final Report, Brüssel 2020.

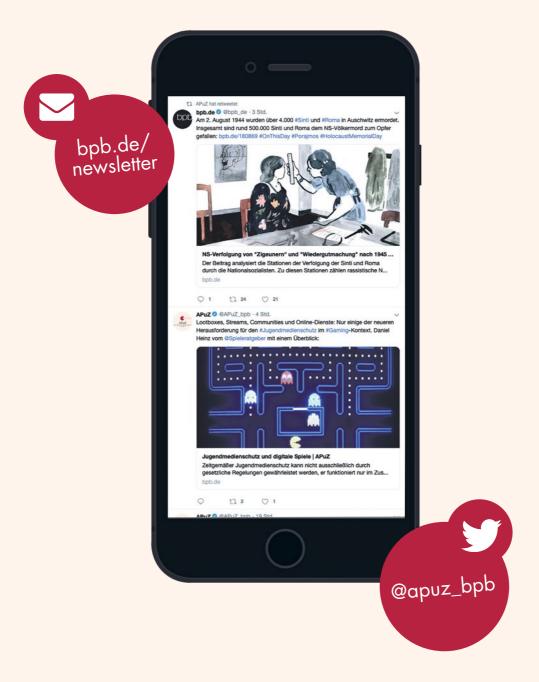
cherheit vorgetragene Argument, dass geopolitische Risiken nur mit fossilen Energien verbunden seien, ist einer der vielen ideologischen Mythen in dieser Diskussion. Für die Energiepolitik des Übergangs in eine dekarbonisierte Energieversorgung wird es im nächsten Jahrzehnt vielmehr darauf ankommen, eine ausgewogene Mischung aus global gehandelten, heimischen fossilen, erneuerbaren Energien und Wasserstoff zu finden. Diese Mischung wird sich im weiteren Zeitverlauf mehr und mehr zugunsten "grüner Energien" verschieben. Doch auch erneuerbare Energien sind mit geopolitischen Risiken und Importabhängigkeiten verbunden, die gegenwärtig sogar noch höher sind als bei der deutschen Gasimportabhängigkeit. Insofern ist schon jetzt festzuhalten, dass ein neues nicht-fossiles, auf erneuerbaren Energien basierendes Zeitalter der internationalen Energiepolitik und -sicherheit nicht das Ende von Geopolitik, Sicherheitsrisiken und Verwundbarkeiten bedeutet. Gleichzeitig werden die traditionellen geopolitischen Risiken der Versorgungssicherheit vorerst ebenfalls nicht verschwinden. In einigen Fällen, wie den maritimen Sicherheitsdimensionen und neuen machtpolitischen Rivalitäten (beispielsweise USA-China, China-Indien, China-Japan), könnten diese sogar noch weiter zunehmen.

FRANK UMBACH

ist Forschungsleiter des Europäischen Clusters für Klima-, Energie- und Ressourcensicherheit (EUCERS) am Center for Advanced Security, Strategic and Integration Studies (CASSIS) der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
FraUmbach@aol.com

Immer informiert.

Bestellen Sie den APuZ-Newsletter oder folgen Sie uns auf Twitter!



Der Newsletter informiert Sie etwa 30 mal im Jahr per E-Mail über die Beiträge der aktuellen Ausgabe sowie über kommende Themenschwerpunkte, den jährlichen "Call for Papers" und Veranstaltungen. Auf Twitter meldet sich die Redaktion zu tagesaktuellen Themen mit Links zu Beiträgen aus der APuZ und dem Netzwerk der Bundeszentrale für politische Bildung.

ZWISCHEN LANGFRISTIGEN WEICHENSTELLUNGEN UND KURZFRISTIGEM KRISENMANAGEMENT

Kleine Geschichte der Energiepolitik in der Bundesrepublik

Henning Türk

Seit Beginn des russischen Krieges gegen die Ukraine im Februar 2022 dominiert die Frage nach der Versorgungssicherheit die energiepolitischen Diskussionen in der Bundesrepublik. Das verbindet unsere Gegenwart mit den 1970er Jahren, in denen die erste Ölpreiskrise 1973/74 die Versorgungssicherheit infrage stellte. Erst in dieser Zeit entstand das Politikfeld "Energie", das somit noch vergleichsweise jung ist. Unter dem Vorzeichen einer zunehmenden Abhängigkeit bei den Öleinfuhren betrachtete die Politik die verschiedenen Energieträger erstmals systematisch in ihren Wirkungen aufeinander. Zuvor hatten sich die politischen Maßnahmen zumeist auf einzelne Energieträger konzentriert.⁰¹

KOHLEPOLITIK IN DEN 1950ER UND 1960ER JAHREN

Die Nachkriegszeit in den Besatzungszonen und der jungen Bundesrepublik stand ganz im Zeichen der wirtschaftlichen Rekonstruktion. Dafür war es vor allem nötig, die Stein- und Braunkohleförderung zügig wieder in Gang zu setzen und auszuweiten. Kohle war in dieser Phase knapp und unterlag der staatlichen Kontrolle. Das oblag nicht nur der Bundesregierung, sondern seit 1952 auch der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS). Als diese 1956 die Festsetzung eines Höchstpreises abschaffte, verteuerten die Bergbauunternehmen die Steinkohle umgehend. Damit hatten sie sich verkalkuliert, denn 1958/59 geriet die Steinkohle in eine erste Krise. Billigere Importkohle, und vor allem das günstigere Öl, setzten dem Absatz des Energieträgers stark zu. Die Bundesregierung versuchte, die Krise durch sozialpolitische Maßnahmen abzufedern. Zudem förderte sie die Stilllegung unrentabler Zechen und hoffte auf diese Weise die Konkurrenzfähigkeit der einheimischen Energieressourcen zu sichern.

Mit dem Regierungsantritt der Großen Koalition aus CDU/CSU und SPD im Dezember 1966 hielten neue Ideen in die staatliche Kohlepolitik Einzug. Aus Sicht des Wirtschaftsministers Karl Schiller (SPD) sollte der Staat stärker steuernd und planend in das Wirtschaftsgeschehen eingreifen. Als Folge dieses neuen Ansatzes gründeten die wichtigsten Bergbauunternehmen an der Ruhr im November 1968 die Ruhrkohle AG (RAG), für die der Staat als Bürge bei Verlusten bereitstand. In der Folge schloss die RAG mit den an ihr beteiligten Stahlunternehmen den sogenannten Hüttenvertrag ab. Dieser legte fest, dass die RAG ihre Kohle an die Stahlunternehmen zu günstigen Weltmarktpreisen liefern sollte. Der Staat glich die Differenz zu den deutlich höheren Produktionskosten durch die Kokskohlenbeihilfe aus. Parallel dazu regelte ein Kraftwerksvertrag die Lieferung von Kohle an die Stromkraftwerke der an der RAG beteiligten Unternehmen. Trotz dieser Stabilisierungsmaßnahmen ging die Steinkohleförderung in den 1970er Jahren weiter zurück. Sie erlebte erst Ende der 1970er Jahre eine kleine Renaissance, als durch die erste und zweite Ölpreiskrise die einheimische Steinkohle unter Energiesicherheitsaspekten wieder an Attraktivität gewann.

WANDEL DER VERSORGUNGSSTRUKTUR

Der Bedeutungsverlust der Steinkohle schlug sich auch in den Statistiken deutlich nieder. Während sie 1957 noch 69,9 Prozent der Primärenergie in der Bundesrepublik abdeckte, fiel ihr Anteil bis 1972 auf 23,6 Prozent. Dagegen stieg der Anteil des Erdöls, der 1957 noch bei 11 Prozent gelegen hatte, auf 55,4 Prozent an. Diese Transformation von einer kohlebasierten zu einer ölbasierten Wirtschaft vollzog sich nicht nur in der Bundesrepublik, sondern auch in zahlreichen anderen westlichen Industrieländern. Das billige Öl trieb das Wirtschaftswachstum an und ermöglichte den zügigen Übergang in eine "Konsumgesellschaft".

Die damit einhergehende Abhängigkeit der Industrieländer vom Erdöl eröffnete den Ölförderländern neue Möglichkeiten. Sie versuchten durch eine verstärkte Zusammenarbeit, die für sie ungünstigen Handelsbedingungen zu beeinflussen. Dazu schlossen sich Saudi-Arabien, Kuwait, der Irak, Iran und Venezuela 1960 zur Organisation der erdölexportierenden Länder (OPEC) zusammen. Die Gruppierung erweiterte sich in den 1960er Jahren und forderte, den Ölländern die souveränen Rechte über ihre eigenen Ressourcen zurückzugeben. Diese hatten sich die großen angloamerikanischen Ölfirmen in den Jahrzehnten zuvor über langfristige Konzessionen gesichert.

Seit Ende der 1960er Jahre begannen die Ölförderländer, ihre Position im Markt durch Verstaatlichung, direkte Beteiligung an der Förderung und höhere Preisforderungen deutlich zu verbessern. Die Verbraucherländer konnten dieser Entwicklung wenig entgegensetzen, denn sie waren auf das Öl angewiesen. So betrug 1973 der Anteil der Öl-

- 01 Der Fokus des Beitrags liegt auf der Bundesrepublik. Für einen Vergleich der Energiepolitik in der Bundesrepublik und der DDR siehe Henning Türk, Treibstoff der Systeme. Kohle, Erdöl und Atomkraft im geteilten Deutschland, Berlin 2021 (auch als Bd. 10810 in der Schriftenreihe der Bundeszentrale für politische Bildung). Weitere konzise Überblicke liefern Thomas Saretzki, Energiepolitik in der Bundesrepublik Deutschland 1949–1999. Ein Politikfeld zwischen Wirtschafts-, Technologie- und Umweltpolitik, in: Ulrich Willems (Hrsg.), Demokratie und Politik in der Bundesrepublik 1949–1999, Opladen 2001, S. 195–221; Joachim Radkau, Von der Kohlennot zur solaren Vision. Wege und Irrwege bundesdeutscher Energiepolitik, in: Hans-Peter Schwarz (Hrsg.), Die Bundesrepublik Deutschland. Eine Bilanz nach 60 Jahren, Köln u. a. 2008, S. 461–486.
- **02** Primärenergie ist die Energie der in der Natur vorkommenden Energieträger wie Kohle oder Erdöl. Sekundärenergie ist die Energie, die durch Umwandlung dieser Stoffe entsteht, zum Beispiel elektrischer Strom.
- **03** Vgl. Bundestagsdrucksache (BT-Drs.) 7/1057, 3.10.1973, Unterrichtung durch die Bundesregierung: Die Energiepolitik der Bundesregierung, S. 3.
- **04** Vgl. Giuliano Garavini, The Rise and Fall of OPEC in the Twentieth Century, Oxford 2019.

importe am Gesamtenergieverbrauch Westeuropas 62,7 Prozent, in Japan sogar 85,4 Prozent. Sauch der Ölverbrauch der USA stieg deutlich an. Infolgedessen erreichten die USA zu Beginn der 1970er Jahre ihr Förderlimit. Die weiteren Verbrauchssteigerungen führten dazu, dass die USA auf dem internationalen Ölmarkt verstärkt als Käufer auftraten und den Druck auf den Markt zusätzlich erhöhten. Der Markt wandelte sich auf diese Weise von einem Käufermarkt, bei dem die Käufer den Preis bestimmten, zu einem Verkäufermarkt, der zunehmend von den Ölförderländern bestimmt wurde. Damit war der Boden für die Ölpreiskrisen der 1970er Jahre bereitet.

ENERGIEPOLITIK IM ZEICHEN DER ÖLPREISKRISE 1973

Auslöser für die erste Ölpreiskrise war der Jom-Kippur-Krieg zwischen Israel und seinen arabischen Nachbarländern. Der Krieg begann mit einem ägyptisch-syrischen Angriff auf Israel am 6. Oktober 1973, dem Tag des höchsten jüdischen Festes Jom Kippur. Der Angriff kam für Israel vollkommen überraschend, sodass die Armee einen Tag brauchte, um sich zu organisieren und zurückzuschlagen.

Kurz nach Beginn des Krieges beschlossen die arabischen Ölförderländer ein Embargo gegen die israelfreundlichen USA, Portugal und die Niederlande, was auch den für die Bundesrepublik zentralen Hafen in Rotterdam betraf. Andere Staaten, etwa das Vereinigte Königreich und Frankreich, wurden als befreundete Länder eingestuft und bevorzugt behandelt. Die restlichen Länder galten als neutral. Sie wurden vor allem von der Reduzierung der monatlichen Ölfördermenge um fünf Prozent getroffen. Parallel dazu erhöhte die OPEC den Preis des Öls sukzessive, bis er sich im Januar 1974 auf dem vierfachen Stand des vor der Ölpreiskrise gezahlten Preises stabilisierte.

Damit war das Horrorszenario, vor dem zuvor bereits einige Ölexperten gewarnt hatten, Wirklichkeit geworden.⁰⁶ Der Bundesrepublik

- **05** Vgl. Jens Hohensee, Der erste Ölpreisschock 1973/74. Die politischen und gesellschaftlichen Auswirkungen der arabischen Erdölpolitik auf die Bundesrepublik Deutschland und Westeuropa, Stuttgart 1996, S. 52.
- **06** Zur Ölpreiskrise in der Bundesrepublik siehe vor allem Rüdiger Graf, Öl und Souveränität. Petroknowledge und Energiepolitik in den USA und in Westeuropa in den 1970er Jahren, Berlin u.a. 2014 sowie Hohensee (Anm. 5).

drohte ein deutlicher Rückgang der Ölimporte. In dieser schwierigen und unsicheren Situation musste die sozialliberale Bundesregierung reagieren. Sie vollführte eine Gratwanderung, denn auf der einen Seite wollte sie eine übertriebene Panik, die zu Hamsterkäufen führen würde, vermeiden; auf der anderen Seite musste sie der Bevölkerung die Gefahr deutlich vor Augen führen, um die Menschen zum Energiesparen zu bewegen. Ein zentraler Beschluss der Bundesregierung war das Gesetz zur Sicherung der Energieversorgung bei Gefährdung oder Störung der Einfuhren von Mineralöl oder Erdgas (Energiesicherungsgesetz), das zügig durch den Bundestag gebracht wurde und bereits am 10. November 1973 in Kraft trat.

Auf dieser Basis erließ die Bundesregierung bereits am 19. November ein Fahrverbot für die nächsten vier Sonntage. Zudem galt für Autobahnen eine Höchstgeschwindigkeit von 100 und für alle anderen Straßen von 80 Stundenkilometern. Die Verordnung war für sechs Monate befristet. Die Geschwindigkeitsbeschränkungen wurden nach Ablauf der sechs Monate nicht erneuert, obwohl es durchaus den Versuch gab, diese langfristig gesetzlich festzuschreiben. Die CDU/CSU-Mehrheit im Bundesrat erwirkte jedoch, dass das Tempolimit in eine Richtgeschwindigkeit umgewandelt wurde.

Ansonsten setzte die Bundesregierung in der Hochphase der Ölpreiskrise vor allem auf Sparappelle an die Verbraucher. Diese sollten zum Beispiel die Heizung im Haushalt niedriger einstellen. Der Bund ging dabei, etwa in Kasernen oder in öffentlichen Gebäuden, mit gutem Beispiel voran. Die Regierung entschloss sich auch, die hohen Ölpreise nicht zu subventionieren oder niedrigere Ölpreise staatlich festzulegen. Zum einen befürchtete man dann eine geringere Belieferung der Bundesrepublik durch die Ölkonzerne, zum anderen erhoffte man sich von den hohen Ölpreisen auch Sparanreize für die privaten und industriellen Verbraucher. Um die hohen Energiepreise etwas abzufedern, erhielten Wohngeldempfänger im Dezember 1973 einen einmaligen Heizkostenzuschuss von 300 D-Mark.

Mit der Ölpreiskrise veränderte sich auch die Wahrnehmung des Erdöls in der Bundesrepublik. Jetzt rückte die Diskussion der Abhängigkeit, die vorher nur unter Experten stattgefunden hatte, ins Zentrum der politischen Debatte. Über Energie zu reden, bedeutete, über Energiesicherheit und vor allem über Versorgungssicherheit zu sprechen. Damit begann eine "Dekade der Energiepolitik",⁹⁷ die von staatlichen Versuchen geprägt war, die Dominanz des Energieträgers Erdöl abzuschwächen und die Bezugsquellen des Öls zu diversifizieren.

Die starke Abhängigkeit von Ölimporten führte dazu, dass die verschiedenen Energieträger erstmals in ein energiepolitisches Gesamtkonzept integriert wurden und nicht mehr nur jeder einzelne Energieträger für sich behandelt wurde. Ausdruck dieses neuen Ansatzes war das erste Energieprogramm, das die Bundesregierung Anfang Oktober 1973 veröffentlichte. Die sich aus den Veränderungen auf dem Weltölmarkt ergebenden Risiken, so hieß es im Programm, seien keine "abstrakte[n] Möglichkeiten", sondern "reale Gefährdungstatbestände", die sofortiges Regierungshandeln erforderten.08 Es gehe zum einen darum, die langfristige Versorgung der Bundesrepublik mit Öl und Energie zu sichern, und zum anderen, kurzfristigen Versorgungsstörungen vorzubeugen.

Aus der Perspektive der Ölabhängigkeit beurteilte die Bundesregierung seit der Ölpreiskrise auch das zukünftige Potenzial der verschiedenen Energieträger. Kurz- bis mittelfristig erschienen nur Atomenergie, Stein- und Braunkohle oder Erdgas als Alternativen zum Öl. In den erneuerbaren Energien sah die Bundesregierung dagegen kaum eine Möglichkeit, sich aus der Ölabhängigkeit zu befreien – deren Entwicklung würde zu lange dauern.

International abgesichert wurde diese Strategie durch die im November 1974 von den westlichen Industrieländern gegründete Internationale Energieagentur (IEA). Die neue Organisation hielt ihre Mitgliedsländer zum Ausbau der Kernkraft, zum Energiesparen und zum Aufbau eines internationalen Kohlemarktes an, um die Abhängigkeit vom Öl zu verringern. Die Fortschritte wurden regelmäßig von Experten überprüft. Zudem baute die IEA einen Krisenmechanismus für

⁰⁷ Wolfgang Fischer/Erwin Häckel, Internationale Energieversorgung und politische Zukunftssicherung. Das europäische Energiesystem nach der Jahrtausendwende: Außenpolitik, Wirtschaft, Ökologie, München 1987, S. 1.

⁰⁸ BT-Drs. (Anm. 3), S. 5.

⁰⁹ Vgl. Henning Türk, The Oil Crisis of 1973 as a Challenge to Multilateral Energy Cooperation among Western Industrialized Countries, in: Historical Social Research 4/2014, S. 209–230.

zukünftige Ölkrisen auf. Seit den 1980er Jahren hat sie ihre Kompetenzen vor allem auf den koordinierten Einsatz der strategischen Ölreserven ihrer Mitgliedsländer ausgeweitet, die bei massiven Marktstörungen eingesetzt werden können. Zuletzt nutzten die IEA und ihre Mitgliedsländer diese Möglichkeit zur Dämpfung der Preissteigerungen beim Erdöl infolge des Krieges in der Ukraine.

AUFSTIEG UND KRISE DER ATOMENERGIE

Die im Kontext der Ölpreiskrise entwickelte Weg-vom-Öl-Strategie der Bundesregierung zeigte sich deutlich bei der ersten Aktualisierung des Energieprogramms, welche die Bundesregierung im November 1974 vorlegte. Der bereits 1973 erfolgte Ansatz, vor allem die Atomkraft auszubauen, wurde noch einmal verstärkt. Die Bundesregierung gab als Ziel bis 1985 an, eine Kraftwerkskapazität von 45 000 Megawatt zu installieren – zu einem Zeitpunkt, als die Atomkraft gerade einmal 2300 Megawatt zur Stromerzeugung beitrug.¹⁰

Dieser von der Bundesregierung angedachte massive Ausbau kam in den folgenden Jahren aus verschiedenen Gründen ins Stocken. Zum einen wuchs der Protest in der Bevölkerung gegen die geplanten Atomkraftwerke deutlich an. Insbesondere der erfolgreiche Widerstand gegen das im badischen Wyhl projektierte Atomkraftwerk setzte hier Maßstäbe. Zum anderen kam auch innerhalb der Parteien zunehmend Skepsis auf. So wandelte sich beispielsweise die SPD von einer Atomkraftbefürworterin zu einer gespaltenen Partei, in der einflussreiche Persönlichkeiten wie Bundeskanzler Helmut Schmidt am Ausbau der Atomenergie festhielten, während sich andere Parteimitglieder von der Atomenergie abwandten und einen "sanften Pfad" der Energieerzeugung forderten.11 Auch weil sich die Anti-Atom-Gruppierungen in den etablierten Parteien kaum vertreten fühlten, kam es Ende der 1970er Jahre zur Gründung der Grünen.¹²

Mit der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl am 26. April 1986 geriet die Atomkraft endgültig unter Druck. Die mittlerweile amtierende christlich-liberale Koalition veröffentlichte zwar unter Federführung des Wirtschaftsministers Martin Bangemann (FDP) einen Energiebericht, der vor allem der Verteidigung der Atomkraft diente. Trotzdem wurden ab diesem Zeitpunkt nur noch die Atomkraftwerke zu Ende gebaut, deren Baubereits Anfang der 1980er Jahre begonnen hatte. Neue Atomkraftwerke wurden nicht mehr geplant.

Auf institutioneller Ebene führten die Erfahrungen von Tschernobyl zur Gründung des Bundesumweltministeriums. Dieses übernahm zentrale Kompetenzen aus dem Innenministerium, dem Landwirtschaftsministerium und dem Gesundheitsministerium und war neben dem Umweltschutz auch für die Reaktorsicherheit zuständig. Die entscheidenden energiepolitischen Kompetenzen verblieben jedoch beim Wirtschaftsministerium.

ENERGIE- UND UMWELTPOLITIK IN DEN 1980ER JAHREN

Mit den negativen Einflüssen der Energiegewinnung auf die Umwelt rückte Mitte der 1980er Jahre ein Thema auf die politische Agenda, das über viele Jahre keine Priorität besessen hatte. Unter dem Druck steigender Ölpreise hatte die Diversifizierungsstrategie das energiepolitische Handeln über ein Jahrzehnt dominiert. Dabei hatte Helmut Schmidt, beeinflusst vom Physiker und Philosophen Carl Friedrich von Weizsäcker, bereits 1979 auf den drohenden Klimawandel hingewiesen. Er führte am 13. Juni 1979 im Bundeskabinett aus, dass "mit dem vermehrten Öl- und Kohleverbrauch schwerwiegende Klimaveränderungen einhergehen könnten. (...) Die Erschließung alternativer Energien (...) müsse deshalb mit Nachdruck gefördert werden. Zumindest für die Zwischenzeit sei jedoch der weitere Ausbau der Kernenergie unverzichtbar."13

¹⁰ Vgl. BT-Drs. 7/2713, 30.10.1974, Unterrichtung durch die Bundesregierung: Erste Fortschreibung der Energiepolitik der Bundesregierung, S. 15.

¹¹ Der Begriff stammt vom US-amerikanischen Physiker Amory Lovins. Sein Ansatz wurde in der Bundesrepublik unter anderem vom Freiburger Öko-Institut adaptiert. Siehe dazu Florentin Krause et al., Energie-Wende. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran. Ein Alternativ-Bericht des Öko-Instituts/Freiburg, Frankfurt/M. 1980.

¹² Vgl. Silke Mende, "Nicht rechts, nicht links, sondern vorn". Eine Geschichte der Gründungsgrünen, München 2011.

¹³ Protokoll der Kabinettssitzung vom 13.6. 1979, Tagesordnungspunkt A: Energiepolitische Situation, www.bundesarchiv.de/cocoon/barch/0000/k/k1979k/kap1 1/kap2 25/index.html.

Im Hinblick auf die langfristigen energiepolitischen Weichenstellungen betonte Schmidt zwar immer wieder die spätere wichtige Rolle der Windoder Solarenergie. Die nötigen Konsequenzen, etwa in der Forschungspolitik, blieben allerdings in ihren Ansätzen stecken. Auch die von Finanzminister Hans Matthöfer (SPD) am Ende der Regierungszeit der sozialliberalen Koalition ins Spiel gebrachte Idee einer stärkeren Besteuerung der fossilen Brennstoffe, um Investitionen in Zukunftstechnologien zu finanzieren, verlief im Sand. Der Widerstand in der FDP und innerhalb der Sozialdemokratie gegen einen ersten Schritt hin zu einer "Ökosteuer" war zu groß.¹⁴

Der Fokus auf die Reduzierung der Ölabhängigkeit hatte den energiepolitischen Handlungsspielraum eng begrenzt. Erst Mitte der 1980er Jahre konnte diese "Zwangsjacke" abgelegt werden, als der Ölpreis durch ein Überangebot auf dem Markt abstürzte und sich die OPEC zerstritt. Zu diesem Zeitpunkt war der Anteil des Erdöls am Primärenergieverbrauch der Bundesrepublik immerhin von 55 Prozent 1973 auf 43 Prozent gefallen. Das Szenario eines immer knapperen Ölangebotes und eines weiter steigenden Ölpreises schien sich zunächst erledigt zu haben. Damit trat der Aspekt der Versorgungssicherheit in den Hintergrund, und andere Aufgaben der Energiepolitik rückten ins Blickfeld.

Das kam vor allem den erneuerbaren Energien zugute. Diese profilierten sich zunehmend als ernsthafte Alternative zu den konventionellen Energieträgern. Einen Schub für ihren Ausbau brachte das 1990 vom Bundestag verabschiedete Stromeinspeisungsgesetz. Dabei ging es um die Abnahme des Stroms aus erneuerbaren Energien durch die Energieversorgungsunternehmen (EVU), die bisher die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien eher verhindert hatten. Die Verweigerung war dem CSU-Bundestagsabgeordneten Matthias Engelsberger ein Dorn im Auge, der gemeinsam mit dem Grünen-Politiker Wolfgang Daniels einen Gesetzesvorschlag erarbeitete. Danach sollten die EVU verpflichtet wer-

den, den Strom aus erneuerbaren Energien abzunehmen und eine angemessene Vergütung dafür zu bezahlen.

Das Gesetz wurde zügig durch den Bundestag gebracht, da parallel die Verhandlungen zur deutschen Vereinigung stattfanden und die Abgeordneten davon ausgingen, dass bei einem gesamtdeutschen Bundestag andere Probleme drängender sein würden als die erneuerbaren Energien. Das Gesetz wurde in der letzten Sitzung des allein westdeutschen Bundestages am 5. Oktober 1990 beschlossen und trat zum 1. Januar 1991 in Kraft. Mit der Abnahmeverpflichtung und der an den Strompreis gekoppelten Vergütung sorgte es für eine Aufbruchstimmung in der Branche der erneuerbaren Energien.

Im Jahr 2000 wurde das Stromeinspeisungsgesetz von der 1998 angetretenen rot-grünen Koalition zum Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ausgebaut. Im Vordergrund stand die Preisgestaltung, denn der Strompreis war in den vorangehenden Jahren aufgrund der europäischen Strommarktliberalisierung gefallen und damit auch die Vergütung des Stroms aus erneuerbaren Energien. Daher wurden jetzt feste Vergütungen vereinbart, die insgesamt 20 Jahre lang gezahlt werden sollten. Gleichzeitig war eine Degression angelegt, sodass der Förderbetrag für neue Anlagen mit jedem Jahr sank. Das sollte die technische Innovation steigern und im Endeffekt dazu führen, dass die Anlagen zur Erzeugung des Stroms langfristig ohne staatliche Förderung auskommen. Genau wie beim Stromeinspeisungsgesetz konnten die Energieversorgungsunternehmen die durch das EEG entstehenden Mehrkosten über die Stromrechnung ausgleichen.

BILLIG UND UMWELTFREUNDLICH: ERDGAS IN DEN 1980ER UND 1990ER JAHREN

Lange erschien den Verantwortlichen in der Bundesregierung auch das Erdgas als attraktive Energiequelle. Erdgas hatte in der Bundesrepublik seit Anfang der 1970er Jahre einen großen Aufschwung erlebt. Zur Ausweitung des Erdgasverbrauchs trugen vor allem die sogenannten Erdgas-Röhren-Geschäfte mit der Sowjetunion bei, die seit 1970 betrieben wurden. Diese bestanden aus westlichen Lieferungen von Röhren und Technik an die Sowjetunion, die anschließend mit Erdgaslieferungen bezahlte. Zu Beginn der

¹⁴ Vgl. Werner Abelshauser, Nach dem Wirtschaftswunder. Der Gewerkschafter, Politiker und Unternehmer Hans Matthöfer, Bonn 2009, S. 516–532.

¹⁵ Vgl. Duccio Basosi et al. (Hrsg.), Counter-Shock. The Oil Counter-Revolution of the 1980s, London–New York 2018.

¹⁶ Vgl. AG Energiebilanzen, Primärenergieverbrauch nach der Substitutionsmethode (S), 29.9.1998, https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/zeitreihen-bis-1989/.

1970er Jahre standen diese Deals im Zeichen der Entspannungspolitik. Nach den Erfahrungen der ersten Ölpreiskrise 1973/74 galt Erdgas dann vor allem als Alternative, um die Abhängigkeit von den OPEC-Ländern zu reduzieren und auf diese Weise die Versorgungssicherheit zu erhöhen.

Auch nach dem sowjetischen Einmarsch in Afghanistan im Dezember 1979 und der Verhängung des Kriegsrechts in Polen im Dezember 1981 hielt die Bundesregierung unter Bundeskanzler Helmut Schmidt an den Gas-Pipeline-Deals fest. Da keine neuen Abhängigkeiten geschaffen werden sollten, beschloss das Bundeskabinett allerdings im Mai 1980 eine Obergrenze für sowjetisches Gas. Danach sollten nicht mehr als 30 Prozent der westdeutschen Gasimporte aus einem einzigen Land kommen.¹⁷

Das erschien den USA noch nicht weitgehend genug. US-Präsident Ronald Reagan warf der Bundesrepublik und den anderen an den Gas-Pipeline-Geschäften beteiligten westeuropäischen Ländern vor, die Aufrüstung der Sowjetunion über den Gasbezug zu finanzieren. Zudem würden sich die europäischen Länder in eine gefährliche Abhängigkeit von der kommunistischen Vormacht begeben, die über ihre Gaslieferungen jederzeit in der Lage sei, die amerikanischen Verbündeten zu erpressen. Reagan verhängte daher 1981 Sanktionen gegen US-Firmen sowie ihre Tochterunternehmen in Europa, die an den Gasgeschäften beteiligt waren, und stoppte die Nutzung US-amerikanischer Lizenzen. Auf diese Weise wollte er das bis dato größte Gas-Pipeline-Geschäft aufhalten. Die Sanktionen sorgten für eine massive Verstimmung bei den Verbündeten. Reagan hob die Sanktionen im November 1982 erst wieder auf, als die Westeuropäer zusicherten, gemeinsam mit den USA eine Strategie für eine kohärente Wirtschaftspolitik gegenüber der Sowjetunion auszuarbeiten. Damit war der Weg für das Erdgas-Röhren-Geschäft wieder frei.

In der Folgezeit diversifizierten die europäischen Energieversorger ihre Bezüge. Sie beteiligten sich insbesondere an der Erschließung norwegischer Gasfelder und importierten Gas aus Algerien über Italien. Da man auf diese Weise meinte, den Sicherheitsaspekt genügend beachtet zu haben, stiegen in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre die Importe aus der Sowjetunion wieder an.

17 Vgl. Protokoll der Kabinettssitzung vom 21.5. 1980, Tagesordnungspunkt 3: Internationale Lage, www.bundesarchiv.de/cocoon/barch/0000/k/k1980k/kap1_1/kap2_21/para3_3.html.

Das lag nicht nur an dem konkurrenzlos günstigen Preis des russischen Gases, sondern auch an den neu aufkommenden Debatten über den drohenden Klimawandel. Erdgas erschien den westdeutschen, aber auch den meisten anderen westeuropäischen Politikern "als Teil der Lösung und nicht als Teil des Problems".¹⁸

Nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion 1990/91 sahen Politik und Wirtschaft der westeuropäischen Länder trotz des kurzfristigen Chaos in der russischen Energiewirtschaft ein großes Potenzial. Mithilfe der westlichen Technologie sollten die Pipelines und Netze stabilisiert werden. Zudem erwartete man Direktinvestitionen der westlichen Unternehmen in die östlichen Energieunternehmen. Dazu fixierte man die rechtlichen Rahmenbedingungen für Investitionen im Energiebereich in einem internationalen Vertrag, für dessen Umsetzung die Energiechartakonferenz sorgen sollte. Im Fokus von Politik und Wirtschaft stand in dieser Phase nicht, die Abhängigkeit durch reduzierte Bezüge zu vermindern, sondern die Abhängigkeit durch Investments und Technologietransfer besser zu managen.19 Da gleichzeitig die Niederlande bei ihrer Gasförderung den Höhepunkt überschritten und die weitere norwegische Gasförderung unsicher erschien, blieb das russische Gas trotz der Turbulenzen in der Phase nach dem Ende des Kalten Krieges weiterhin attraktiv. Das unterstreicht die Steigerung des Imports von russischem Gas durch die westeuropäischen Länder, die zwischen 1991 und 2004 70 Prozent betrug.

In dieser Zeit wurde das Gas zunehmend als "Brücke" in zwei verschiedenen Kontexten interpretiert. Zum einen sollte es eine Brücke der Verständigung zu Russland bilden, zum anderen sah man das Erdgas als Brücke hin zu erneuerbaren Energien. Solange Letztere noch nicht den Löwenanteil im Energiemix einnahmen, wollte man mithilfe des vergleichsweise sauberen Brennstoffs Erdgas einen ersten Schritt hin zu einer klimaschonenderen Energieerzeugung einleiten.²⁰

Aufgrund der seit 1992 regelmäßig wiederkehrenden russisch-ukrainischen Auseinander-

¹⁸ Per Högselius, Red Gas. Russia and the Origins of European Energy Dependence, Basingstoke–London 2013, S. 201.

¹⁹ Vgl. ebd., S. 210.

²⁰ Zur Brückenfunktion des Erdgases, insbesondere im Hinblick auf die Beziehungen zu Russland, siehe Thane Gustafson, The Bridge. Natural Gas in a Redivided Europe, Cambridge MA 2020.

setzungen um den Gastransport durch die Ukraine wurde eine Idee wieder aufgewärmt, die bereits zu Sowjetzeiten erstmals diskutiert worden war: eine Pipeline durch die Ostsee, mit der die bisherigen Transitländer umgangen werden konnten. Die damit einhergehende Diversifizierung der Routen würde auch, so das Kalkül, die Energiesicherheit erhöhen. Mit Rückendeckung durch die deutschen und russischen Regierungen beschlossen daher drei Unternehmen 2005 die Gründung der North European Gas Pipeline Company. Der russische Konzern Gazprom hielt 51 Prozent der Firma und die deutschen Firmen Ruhrgas und Wintershall jeweils 24,5 Prozent. 2007 wurde das Unternehmen in Nord Stream AG umbenannt und gleichzeitig der niederländische Gasversorger Gasunie ins Boot geholt. Proteste von Umweltschützern und den umgangenen Transitländern wie der Ukraine, aber auch von Polen, das auf den Ausbau der Landpipelines über das eigene Territorium gehofft hatte, verhallten folgenlos. Im November 2011 wurde die Pipeline Nord Stream 1 offiziell von Bundeskanzlerin Angela Merkel (CDU) und dem russischen Präsidenten Dmitri Medwedew in Betrieb genommen. Damit stieg der Bezug von russischem Gas weiter an.

FUKUSHIMA UND DAS LANGE ENDE DER ATOMKRAFT

Im Gegensatz zum Erdgas erfuhr die Atomkraft in dieser Zeit einen drastischen Bedeutungsverlust. Mit Tschernobyl, der ungelösten Endlagerfrage und den immer weiter steigenden Kosten für den Bau der Kraftwerke ging in der Politik, aber auch in den Energieversorgungsunternehmen, der Glaube an die Zukunftsfähigkeit der Kernenergie zunehmend verloren. Daher besaß der deutsche Atomausstieg, obwohl er nicht zwangsläufig war, durchaus eine gewisse "Folgerichtigkeit".²¹

Dieser vollzog sich in mehreren Schritten. Zentral war zunächst die 2000 erfolgte Vereinbarung zwischen der rot-grünen Bundesregierung unter Bundeskanzler Gerhard Schröder (SPD) und den Kraftwerksbetreibern. Diese sah unter anderem Reststrommengen für die Kraftwerke vor, "die einer Regellaufzeit von 32 Jahren entsprachen".²² Dafür sicherte die Bundesregierung den Betrei-

21 Frank Uekötter, Atomare Demokratie. Eine Geschichte der Kernenergie in Deutschland, Stuttgart 2022, S. 257.

22 Ebd., S. 273.

bern zu, keine zusätzlichen Anforderungen an die Sicherheit der Kraftwerke zu stellen. Zudem wurde die Wiederaufarbeitung der Brennstäbe ad acta gelegt und eine direkte Endlagerung vorgesehen. 2002 wurde im überarbeiteten Atomgesetz ein Stopp für AKW-Neubauten festgelegt.

Als 2009 die schwarz-gelbe Koalition unter Bundeskanzlerin Angela Merkel die Regierungsgeschäfte übernahm, sahen die Kraftwerksbetreiber ihre Chance gekommen. Die neue Bundesregierung machte allerdings den "Atomkonsens" der rot-grünen Regierung nicht wieder rückgängig, sondern verlängerte lediglich die Laufzeit der Kraftwerke. Die Verlängerung betrug je nach Alter der Kraftwerke zwischen acht und vierzehn Jahren. Ein Teil der dadurch entstehenden zusätzlichen Gewinne sollte durch eine neu einzuführende Kernbrennstoffsteuer abgeschöpft werden.

Dieser Beschluss war jedoch nur von kurzer Dauer, denn die Bundesregierung vollführte 2011 eine Kehrtwende. In der Folge der Reaktorkatastrophe im japanischen Fukushima am 11. März 2011 setzte Merkel einen zügigen und - wie man damals glaubte - endgültigen Atomausstieg durch. Acht Atomkraftwerke wurden unmittelbar abgeschaltet und die restlichen peu à peu vom Netz genommen. Die letzten drei Atomkraftwerke sollten Ende 2022 abgeschaltet werden. Mittlerweile hat Bundeskanzler Olaf Scholz (SPD) auf der Basis seiner Richtlinienkompetenz ihren Weiterbetrieb bis April nächsten Jahres angeordnet. Ob diese Entscheidung in Anbetracht der Auswirkungen des russischen Krieges gegen die Ukraine auf die Energieversorgung das letzte Wort ist, wird sich im nächsten Jahr zeigen.

FAZIT

In der Energiepolitik haben die Bundesregierungen im Laufe der Zeit unterschiedliche Prioritäten gesetzt. Während nach dem Zweiten Weltkrieg zunächst die ausreichende Versorgung mit Energie im Vordergrund stand und vor allem die Kohle als Energieressource genutzt wurde, rückte seit Mitte der 1950er Jahre das Ziel einer billigen Energieversorgung in den Fokus. Das versprach vor allem das reichlich sprudelnde Erdöl, das den wirtschaftlichen Boom der Bundesrepublik vorantrieb und den Weg in die "Konsumgesellschaft" ebnete.

Mit der Ölpreiskrise 1973 geriet der Aufstieg des Erdöls zunächst an sein Ende. Energiesicherheitsfragen standen jetzt im Fokus, aus deren Perspektive das Erdöl als problematische Ressource eingestuft wurde. Unter diesen Vorzeichen entwickelte die Bundesregierung erstmals ein energiepolitisches Gesamtkonzept, das vor allem darauf zielte, die Abhängigkeit vom Öl zu reduzieren. In der Folge setzte die Bundesregierung auf einen massiven Ausbau der Atomenergie, Energiesparmaßnahmen und eine Stabilisierung der Kohlenutzung. Diese Strategie wurde international durch die IEA abgesichert und gefördert. In der Folgezeit gelang es der Bundesregierung, den Anteil des Öls am Energiemix zu reduzieren, wozu vor allem der hohe Ölpreis mit seinen Einsparund Umstellungseffekten beitrug.

Die von der Diskussion der Energieabhängigkeit geprägte "Dekade der Energiepolitik" endete Mitte der 1980er Jahre mit dem drastischen Preisverfall des Rohöls. "Energie" rückte damit auf der politischen Agenda in den Hintergrund. Zudem wurde sie jetzt zunehmend aus der Umweltperspektive wahrgenommen. Insbesondere veränderte sich die Sicht auf die verschiedenen Energieträger durch die aufkommende Debatte über den Klimawandel. Vor diesem Hintergrund wurden vor allem erneuerbare Energien und das Erdgas attraktiv. Erdgas galt als vergleichsweise saubere "Brücke" in eine von erneuerbaren Energien geprägte Zukunft. Da es zudem als russisches Pipelinegas günstig zur Verfügung stand, begab sich die Bundesrepublik in ihrer Energieversorgung und Energiepolitik in eine fatale Abhängigkeit. Die Folgen dieser einseitigen Energiepolitik, die Energiesicherheitsfragen jahrelang missachtete, bekommen wir heute zu spüren.

HENNING TÜRK

vertritt die Professur für Zeitgeschichte an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz und ist assoziierter Wissenschaftler am Leibniz-Zentrum für Zeithistorische Forschung (ZZF) in Potsdam. Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählen Energiepolitik, die Geschichte internationaler Organisationen und die Geschichte des Bürgertums sowie des Liberalismus. tuerk@zzf-potsdam.de



30 Länder – 300 Medien – 1 Presseschau

Die euro|topics-Presseschau: Der tägliche Blick in europäische Kommentare aus Politik, Wirtschaft, Gesellschaft und Kultur – in drei Sprachen.

www.eurotopics.net

ALLE FÜR DIE ENERGIEWENDE?

Akteure und Institutionen in der deutschen Energiepolitik

Michèle Knodt · Jörg Kemmerzell

Deutschland hat es verstanden, sich nach innen und außen als Land der Energiewende darzustellen: ein Land, das entschlossen die Transformation zu einem von erneuerbaren Energien dominierten Energiesystem verfolgt. Doch Deutschland verfügt nach wie vor über den größten Industriesektor Europas sowie bedeutende Reserven an fossilen Energieträgern wie Kohle und hat seinen Wohlstand vor allem auf fossilen Technologien, etwa im Automobilsektor, und billigem russischen Gas aufgebaut. Diese Strukturen privilegierten über einen langen Zeitraum die alteingesessenen, von fossilen und nuklearen Technologien abhängigen Akteure durch Modi korporatistischer Politikgestaltung.

Der Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung hat sich in den vergangenen Jahren nicht linear entwickelt. Erst seit dem Antritt der rotgrün-gelben Bundesregierung im Dezember 2021 und beschleunigt durch den russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine sowie der damit verbundenen Energiekrise wurde dieser vorangetrieben. Zuvor hatte sich ein wachsendes Umsetzungsdefizit gezeigt, das sich beispielsweise in einem starken Rückgang der neu installierten Windleistung seit 2017 festmachen lässt. 02 Gleichzeitig hat der Deutsche Bundestag ein Klimaschutzgesetz verabschiedet, das ehrgeizige Klimaschutzziele, eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 65 Prozent bis 2030 gegenüber 1990 und Klimaneutralität bis 2045 vorsieht. Insbesondere das Ziel der Klimaneutralität zwingt zu einer raschen Ausdehnung der Energiewende auf Sektoren, in denen es viel schwieriger ist, Treibhausgasemissionen zu verringern, als im Stromsektor. Besondere Herausforderungen bestehen in der Schwer- und Grundstoffindustrie, aber auch im Verkehrs- und Gebäudesektor. Neben den betroffenen Sektoren wird auch die Steuerung einer solchen erweiterten Transformation auf große Schwierigkeiten stoßen. Erstens erfordert die Herausforderung der Sektorkopplung die Integration von Energie- und Klimapolitik als sektorübergreifendes Governance-Thema. Zweitens erhöhen neue Anwendungen der direkten und indirekten Elektrifizierung die Nachfrage nach grünem Strom, etwa Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Fahrzeuge einerseits und Elektrolyseure zur Herstellung von grünem Wasserstoff andererseits. Laut Koalitionsvertrag der Ampelkoalition soll Strom aus erneuerbaren Energien 80 Prozent der Bruttostromversorgung im Jahr 2030 decken. Folglich muss die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis dahin gegenüber dem Stand von 2020 mindestens verdoppelt werden. Das bedeutet für die Bundesregierung, dass sie die Bundesländer mit ins Boot holen muss.

Bei einem weitgehend gleichbleibenden Institutionen- und Akteursgefüge ist dies kein leichtes Unterfangen. Dieser Beitrag stellt die Akteure und Institutionen der deutschen Energiepolitik vor und bettet diese in den europäischen Kontext ein. Deutschland wird gemeinhin als Konsensdemokratie kategorisiert.04 Die Notwendigkeit, einen Konsens zu finden, gilt sowohl für den vertikalen Bereich, der durch eine besondere Form des kooperativen Föderalismus gekennzeichnet ist, als auch für die horizontale Kooperation zwischen den Ministerien auf Bundes- und Länderebene.05 Zunehmend werden aber auch Bundesämter, Behörden und Expertengremien wichtig. Nicht zuletzt ist Deutschland international und europäisch eingebunden, wobei vor allem die europäische Energiepolitik eng mit der deutschen verknüpft ist. Die Analyse schließt mit kurzen Anmerkungen zu den wichtigsten Herausforderungen und Perspektiven für die deutsche Energiepolitik, die insbesondere durch das langfristige Ziel der Klimaneutralität definiert werden.

ENERGIEPOLITIK IM FÖDERALEN SYSTEM

Der deutsche kooperative Föderalismus betont die gemeinsame Entscheidungsfindung zwischen Bund und Ländern und eine funktionale Aufteilung der Kompetenzen, anstatt den Regierungsebenen ausschließliche Zuständigkeiten zuzuweisen. Die Energiepolitik des Bundes hängt wesentlich von der Zusammenarbeit der Länder ab. Die Politikwissenschaftler Stefan Wurster und Christina Köhler betonen jedoch auch, dass die Länder eine eigenständige Erneuerbare-Energien-Politik verfolgen und eigene Klimaschutzprogramme und -gesetze erlassen, die zu territorialen Partikularinteressen führen.⁰⁶ Nicht ganz zu Unrecht hat man davon gesprochen, dass Deutschland nicht eine, sondern 16 Energiewenden umzusetzen hat. So kann auch gezeigt werden, dass sich die Treibhausgasemissionen zwischen "kohlenstoffreichen" und "kohlenstoffarmen" Bundesländern deutlich unterscheiden. Der Geograf Jochen Monstadt und der Politikwissenschaftler Stefan Scheiner schätzen zudem, dass die Bundesländer mehr als die Hälfte der direkten öffentlichen Investitionen für wirtschaftsnahe Infrastruktur und Forschung und Entwicklung bereitstellen.07 Doch ist die ebenenübergreifende Energiepolitik im föderalen System wesentlich komplizierter, als diese kursorische Betrachtung erscheinen lässt.

Die Umsetzung der Energiepolitik in Deutschland ist zwischen Bund und Ländern aufgeteilt. Der Bundestag ist für die gesamte Gesetzgebung auf Bundesebene zuständig. Aller-

- **01** Vgl. Volkmar Lauber, Germany's Transition to Renewable Energy, in: Timothy C. Lehmann (Hrsg.), The Geopolitics of Global Energy. The New Cost of Plenty, Boulder–London 2017, S. 153–182.
- **02** Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Die Energie der Zukunft. Achter Monitoring-Bericht zur Energiewende. Berichtsjahre 2018 und 2019, Berlin 2021.
- **03** Vgl. Jörg Kemmerzell, Energy Governance in Germany, in: Michèle Knodt/ders. (Hrsg.), Handbook of Energy Governance in Europe, Cham 2022, S. 667–708.
- **04** Vgl. Arend Lijphart, Patterns of Democracy: Government Forms and Performance in Thirty-Six Countries, New Haven–London 1999².
- **05** Vgl. Gunter Kisker, Kooperation im Bundesstaat. Eine Untersuchung zum kooperativen Föderalismus in der Bundesrepublik Deutschland, Tübingen 1971.
- **06** Vgl. Stefan Wurster/Christina Köhler, Die Energiepolitik der Bundesländer. Scheitert die Energiewende am deutschen Föderalismus?, in: Achim Hildebrandt/Frieder Wolf (Hrsg.), Die Politik der Bundesländer. Zwischen Föderalismusreform und Schuldenbremse, Wiesbaden 2016, S. 283–314.
- **07** Vgl. Jochen Monstadt/Stefan Scheiner, Allocating Greenhouse Gas Emissions in the German Federal System: Regional Interests and Federal Climate Governance, in: Energy Policy 74/2014, S. 383–394, hier S. 385.

dings entscheidet er in vielen Fällen nicht autonom, da etwa 55 Prozent der Gesetzentwürfe in die Kategorie der Zustimmungsgesetze fallen, das heißt der mehrheitlichen Zustimmung der im Bundesrat vertretenen Landesregierungen bedürfen. Durch den Zustimmungszwang sind die Landesregierungen an vielen Gesetzgebungsverfahren beteiligt, sodass es notwendig ist, in verschiedenen Politikbereichen gemeinsam zu einer Entscheidung zu kommen. Die Länder haben entsprechend dem deutschen föderalen System zudem die Kompetenzen der Ausführung und Verwaltung inne.08

Die Energieversorgung unterliegt dem Bundes- und Europarecht. Im Rahmen der Regelungen des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWg), des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) oder des Europäischen Emissionshandelssystems (ETS) entscheiden die Länder und Kommunen autonom über die Standorte von Kraftwerken. Seit 2011 melden die Länder ihre Ausbaupläne für Energieanlagen an die Bundesnetzagentur. Dieses Verfahren wurde notwendig, da die Bundesregierung eine Diskrepanz zwischen den Ausbaupfaden der Länder und den Zielen des Energiekonzepts des Bundes feststellte. Die nach wie vor unzureichende Koordinierung der Energiewende stieß jedoch auf breite Kritik.

In der EEG-Novelle 2021 reagierte die Bundesregierung schließlich auf die Defizite und richtete den Bund-Länder-Kooperationsausschuss ein, in dem die zuständigen Staatssekretäre des Bundes und der Länder vertreten sind. Sie sollen die Abstimmung insbesondere bei der Flächennutzungsplanung und den Genehmigungsverfahren für Windkraftanlagen verbessern. Der Ausschuss legte im Oktober 2021 seinen ersten Bericht zum Stand der erneuerbaren Energien vor und kam zu dem Schluss, dass sich der Ausbau der Windenergie zwar langsam erhole, die derzeitigen Flächenausweisungen in den Bundesländern aber nicht genügen, um die Ziele bei den erneuerbaren Energien zu erreichen. Im Zuge der Energiekrise 2021/22 nutzte Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck seine Kompetenzen und

- **08** Vgl. Fritz W. Scharpf, Die Politikverflechtungs-Falle: Europäische Integration und deutscher Föderalismus im Vergleich, in: Politische Vierteljahresschrift 4/1985, S. 323–356.
- **09** Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und und Technologie/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin 2010.

legte das Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land vor, das sogenannte Wind-an-Land-Gesetz. Im Kern geht es darum, dass die Länder bis 2032 zwei Prozent der Flächen für Windenergie bereitstellen müssen. Damit gibt der Bund künftig jedem Bundesland entsprechend dessen geografischer und räumlicher Möglichkeiten unterschiedliche verbindliche Flächenziele für den Windenergieausbau vor. Die Bundesländer dürfen zwar weiterhin über Mindestabstände entscheiden, müssen aber sicherstellen, dass sie ihre Flächenziele aus dem Windenergieflächen-Bedarfsgesetz erreichen. Erreichen sie ihr Flächenziel nicht, kann der Bund die landesspezifischen Abstandsregeln außer Kraft setzen.¹⁰

Diese Tendenzen, den Föderalismus zu zentralisieren, waren schon zuvor zu beobachten. So hatte der wachsende Anteil der installierten erneuerbaren Energien seit dem Inkrafttreten des EEG zu einer Zunahme regionaler Disparitäten geführt.11 Das EEG hatte die Kosten für Erneuerbare-Energien-Anlagen über die EEG-Umlage bundesweit verteilt und gleichzeitig einen zunehmenden Wettbewerb zwischen den Bundesländern induziert, um möglichst stark von den festen Vergütungen zu profitieren. In der Folge entwickelte sich beispielsweise in Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern oder Rheinland-Pfalz die Erneuerbare-Energien-Branche zu einem der wichtigsten Wirtschaftszweige, da sie eine Vielzahl von Arbeitsplätzen rund um den Bau und Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen schafft. Die Entstehung einer eher polyzentrischen Struktur der Energieversorgung löste allerdings eine Diskussion über die bundesweite Energiesicherheit aus und erfordert ohne Zweifel eine intensivere Koordinierung.¹² Auch wurden Rufe nach zentraler Steuerung laut, insbesondere mit Blick auf den Ausbau der Erneuerbare-Energien-Anlagen. Da die Flächennutzungsplanung in der Regel in die Zuständigkeit der Länder fällt, war es notwendig, dass die Länder einer Übertragung der Planungskompetenzen auf den Bund zustimmen. Getragen von der gemeinsamen Sorge um die Zukunft der erneuerbaren Energien wurde auf dem Energiegipfel 2013 ein solcher Kompromiss erzielt. Allerdings machte der Bund den Ländern Zugeständnisse bei der Förderung von Bestandsanlagen. Die Gründung des EEG-Kooperationsausschusses könnte jedoch darauf hindeuten, dass sowohl der Bund als auch die Länder die Grenzen der Zentralisierung erkannt haben und eine begrenzte Rückkehr zum kooperativen Föderalismus anstreben.¹³

HORIZONTALE KOORDINATION EINER QUERSCHNITTSPOLITIK

Energiepolitik ist eine Querschnittspolitik, die sich über unterschiedliche Politikfelder erstreckt. Daher ist neben der vertikalen Koordination zwischen Bund und Ländern auch die horizontale Koordination zwischen den unterschiedlichen Ministerien von großer Bedeutung.

Auf nationaler Ebene liegt die Hauptverantwortung beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK, bis 2021 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie). Es ist grundsätzlich zuständig für die Versorgung mit Strom, Gas und Öl. Dazu gehören im Einzelnen die Strom- und Gasnetze, das Strommarktdesign, Energieeffizienz sowie Forschung und Entwicklung im Energiesektor. In entsprechenden Formaten wie beispielsweise dem Forschungsnetzwerk Energie bezieht das Ministerium wirtschaftliche, wissenschaftliche und zivilgesellschaftliche Akteure ein, um die Verzahnung zwischen Forschung, wirtschaftlicher Praxis und Politikgestaltung zu verbessern.¹⁴

Von 2002 bis 2013 lagen die Zuständigkeiten für die Markteinführung der erneuerbaren Energien und die Aufsicht über Kernkraftwerke beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Durch eine Kabinettsumbildung unter der Großen Koalition von CDU/CSU und SPD im Jahr 2013 wurde die Zuständigkeit für die erneuerbaren Energien in das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie verlagert, während das Umweltministerium die Kompetenzen für den europäischen und inter-

¹⁰ Vgl. Bundesgesetzblatt 28, 2022, Teil I, Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land, 20.7.2022.

¹¹ Vgl. Wurster/Köhler (Anm. 6).

¹² Vgl. Dörte Ohlhorst/Kerstin Tews/Miranda Schreurs, Energiewende als Herausforderung der Koordination im Mehrebenensystem, in: Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis 2/2013, S. 48–55.

¹³ Vgl. Kemmerzell (Anm. 3), S. 699.

¹⁴ Vgl. BMWK, Forschungsnetzwerk Energie, www.energieforschung.de/forschungsnetzwerke-energie.

nationalen Klimaschutz sowie die Zuständigkeit für den Atomausstieg und den Bausektor behielt. Letztlich verlor das Umweltministerium aber sowohl 2017 als auch 2021 viele Kompetenzen. 2017 ging die Zuständigkeit für den Gebäudesektor an das Innenministerium über und 2021 wurden alle Zuständigkeiten im Zusammenhang mit dem Klimaschutz an das Wirtschaftsministerium übertragen, das nun das wichtigste Ministerium für die gesamte Energie- und Klimapolitik ist. 15

2019 wurde eine institutionelle Neuerung eingeführt: das Klimakabinett, das die Verabschiedung des Klimaschutzprogramms 2030 und des Klimaschutzgesetzes vorbereitete. Das Klimakabinett wird als Antwort auf den sektorübergreifenden Charakter der Klimapolitik, den wachsenden Bedarf an koordinierter Steuerung¹⁶ und auf den Druck der Straße durch die Protestbewegung Fridays for Future verstanden. Dort kommen die zuständigen Minister zusammen; die Staatssekretäre bereiten die Sitzungen vor, und hohe Beamte übernehmen die interministerielle Koordinierung.

Die Planung von Klimaschutzmaßnahmen zeichnete sich in der Vergangenheit durch die Standardform interministerieller Koordination aus, in der Vorschläge durch das federführende Ministerium vorgelegt und danach in die interministerielle Abstimmung gegeben wurden. In diesen schriftlichen und mündlichen Umlaufverfahren werden Einwände und Ergänzungen der anderen Ministerien so lange wiederholt, bis kein Ministerium mehr ein Veto einlegt. Aus dem in Deutschland stark ausgeprägten Ressortpartikularismus und den damit einhergehenden starken ministerialen Eigeninteressen resultiert dabei häufig ein Vorschlag, der nur noch den Minimalkonsens zwischen den Ministerien umfasst. Diese Art der Abstimmung wird als "negative Koordination" bezeichnet.17 Im Kontrast dazu wird durch das Klimakabinett wie auch durch weitere Maßnahmen der regierenden Koalition versucht, Abstimmungsprozesse in Richtung einer "positiven Koordination" umzugestalten. Dabei stehen die gemeinsame sektorenübergreifende Pro-

BUNDESÄMTER, BEHÖRDEN UND EXPERTENGREMIEN

Eine bedeutende Rolle in der deutschen Energiepolitik spielen Bundesämter, Behörden und Expertengremien. Am wichtigsten ist die Bundesnetzagentur des BMWK, die den Strom- und Gasmarkt, den Netzausbau unter Berücksichtigung der europäischen Vorgaben und die zukünftige Entwicklung der erneuerbaren Energien überwacht. Das Bundeskartellamt, die Monopolkommission, die Wettbewerbsbehörden der Länder, die Deutsche Emissionshandelsstelle sowie die Deutsche Energie-Agentur und die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie spielen ebenfalls wichtige Rollen in der Energiepolitik. Darüber hinaus sind Beiräte wie der Sachverständigenrat für Umweltfragen, der Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung oder der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen wichtige Akteure beim Agenda-Setting, bei der Politikformulierung und bei der Evaluation.19

Drei dieser Gremien sind von besonderer Bedeutung: Erstens die Expertenkommission, die zur Überwachung des Prozesses "Energie der Zukunft" eingerichtet wurde und dafür den alle zwei Jahre erscheinenden Fortschrittsbericht des BMWK zur Energiewende evaluiert. Die Kommission bewertet den Fortschrittsbericht, weist auf kritische Punkte der Energiewende hin und schlägt geeignete politische Instrumente vor. Weitens wurde mit dem 2019 verabschiedeten Klimaschutzgesetz ein verpflichtender Monitoring-Mechanismus eingeführt, der die sektoralen Emissionen jährlich überprüft, und einen Sachverständigenbeirat installiert, der die Fortschritte bei den Emissions-

blemdefinition und gemeinsam als notwendig definierte Lösungen und Maßnahmenpakete im Vordergrund.¹⁸

¹⁵ Vgl. Kemmerzell (Anm. 3), S. 678.

¹⁶ Vgl. ders./Michèle Knodt, Das "Klimakabinett" – wie es erfolgreich sein könnte und wie nicht, in: Tagesspiegel Background Energie & Klima, 8.5.2019.

¹⁷ Fritz W. Scharpf, Interaktionsformen. Akteurzentrierter Institutionalismus in der Politikforschung, Opladen 2000.

¹⁸ Vgl. Christian Flachsland et al., Wie die Governance der deutschen Klimapolitik gestärkt werden kann, Kopernikus-Projekt Ariadne, Ariadne-Kurzdossier, Potsdam 2021.

¹⁹ Vgl. ebd., für einen Überblick über die wichtigsten Beratungsgremien siehe S. 10.

²⁰ Vgl. Andreas Löschel et al., Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für die Berichtsjahre 2018 und 2019, Berlin u. a. 2021.

minderungen in einem halbjährlichen Bericht bewertet. Stellt der Beirat sektorale Defizite bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen fest, sind die zuständigen Ministerien verpflichtet, innerhalb von drei Monaten Sofortprogramme vorzuschlagen, deren Angemessenheit vom Beirat überprüft wird. Fällt die Überprüfung negativ aus, sollte die Bundesregierung die betreffenden Politiken anpassen. Drittens wurde mit der Verabschiedung der Nationalen Wasserstoffstrategie im Jahr 2020 ein Nationaler Wasserstoffrat eingerichtet, der Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele der Wasserstoffstrategie vorschlagen soll. Der Rat besteht aus 26 hochrangigen Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft, die nicht der öffentlichen Verwaltung angehören. Aufgabe des Nationalen Wasserstoffrates ist es, die Bundesregierung durch Vorschläge und Handlungsempfehlungen bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der Wasserstoffstrategie zu beraten und zu unterstützen.21

Im Bereich der langfristigen Strategien und Planungen sind außerordentliche Gipfeltreffen oder Konsensrunden unter Beteiligung der wichtigsten Interessengruppen für große Entscheidungen von erheblicher Bedeutung. Vor allem, wenn es um Umverteilungsmaßnahmen oder Fragen geht, die die Kerninteressen der Beteiligten betreffen, werden Probleme durch Konsensgremien gelöst. Schließlich spielen Regierungskommissionen oft eine zentrale Rolle bei der Vorbereitung politischer Entscheidungen. Jüngste Beispiele sind erstens die Ethikkommission für eine sichere Energieversorgung, die von der Bundesregierung eingesetzt wurde, um den Atomausstiegsbeschluss von 2011 nachträglich zu legitimieren.22 Zweitens nahm im Oktober 2015 die Kommission für die Stilllegung von Anlagen und die Lagerung von nuklearen Abfällen im Auftrag der Bundesregierung ihre Arbeit auf und legte im April 2016 Empfehlungen vor. Ihre Mitglieder - Politiker, Vertreter aus Wirtschaft, Gewerkschaften und Zivilgesellschaft - gehörten einem breiten Spektrum von Organisationen an und repräsentierten eine große Vielfalt von Interessen und Ausrichtungen, was eine Voraussetzung für einen breit akzeptierten Abschlussbericht war. Das jüngste Beispiel ist *drittens* die Kommission Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung (Kohlekommission), die eingesetzt wurde, um einen gangbaren Weg für einen deutschen Kohleausstieg vorzubereiten und sich aus Vertretern der Industrie, der Gewerkschaften, der Umweltverbände und der Wissenschaft zusammensetzte. Der von ihr vorgeschlagene Plan für den Kohleausstieg bis spätestens 2038 wurde 2020 in geltendes Bundesrecht umgesetzt.²³

All diesen Expertengremien ist gemein, dass sie nicht auf Dauer angelegt, relativ groß sind und sich nicht auf die Sozialpartner konzentrieren. Auch pflegen die Beteiligten einen eher offenen Stil der Außenkommunikation, womit sie sich von den traditionellen Formen des deutschen Neokorporatismus unterscheiden. Diese postkorporatistischen Institutionen repräsentieren zwar eine größere Vielfalt an Interessen, werden allerdings eher ad hoc aus handverlesenen Mitgliedern gebildet. Kritische Beobachter beschreiben diese Kommissionen daher als "regierungsfreundliche Expertenrunden".24 Während einige Autoren den neuen Modus der Interessenvermittlung als "pluralistisch" bezeichnen,25 wird er von anderen als "unkoordinierter Hyperaktivitätsmodus" kritisiert.26 Die Delegation der Politikformulierung an solche Gremien kann einerseits eine höhere Qualität der evidenzbasierten Politikgestaltung fördern, andererseits birgt sie das Risiko, die Grenzen zwischen Wissenschaft und Politik zu verwischen, sodass die Unparteilichkeit der Expertise politisch umstritten wird.27

²¹ Vgl. Kemmerzell (Anm. 3), S. 680.

²² Vgl. Jürgen Friedrich Hake et al., The German Energiewende. History and Status Quo, in: Energy 3/2015, S. 532–546, hier S. 542.

²³ Vgl. Jörg Kemmerzell/Michèle Knodt, Dekarbonisierung der Energieversorgung. Der deutsche Kohleausstieg im europäischen Kontext, in: Bundeszentrale für politische Bildung (Hrsg.), Abschied von der Kohle. Struktur- und Kulturwandel im Ruhrgebiet und in der Lausitz, Bonn 2021, S. 58–73.

²⁴ Roland Czada, Politikwenden und transformative Politik in Deutschland in: Der moderne Staat 2/2019, S. 400–417, hier S. 405.

²⁵ Rüdiger Mautz, Atomausstieg und was dann? Probleme staatlicher Steuerung der Energiewende, in: Der moderne Staat 1/2012, S. 149–168.

²⁶ Czada (Anm. 24), S. 405.

²⁷ Vgl. Veith Selk/Jörg Kemmerzell/Jörg Radtke, In der Demokratiefalle? Probleme der Energiewende zwischen Expertokratie, partizipativer Governance und populistischer Reaktion, in: Jörg Radtke et al. (Hrsg.), Energiewende in Zeiten des Populismus, Wiesbaden 2019, S. 31–66.

EINFLUSS EUROPÄISCHER AKTEURE

Die Energiepolitik ist in den weiteren europäischen Kontext im Allgemeinen und die Europäische Union im Besonderen eingebettet. Die EU wirkt durch die europäische Gesetzgebung auf die nationale Ebene ein. So geben gesetzgeberische Maßnahmen, etwa EU-Richtlinien zur Energieeffizienz oder zur Förderung erneuerbarer Energien sowie die Governance-Verordnung, Zielmarken für den Ausbau der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz vor, die in Nationalen Energie- und Klimaplänen (NECPs) von den Mitgliedstaaten in nationale Ziele und Maßnahmen umgesetzt werden sollen. Allerdings fehlt es der EU in diesen Bereichen an Kompetenzen zum Eingriff in den mitgliedstaatlichen Energiemix.

Artikel 194 Absatz 1 des Lissabonner Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) über die energiepolitische Kompetenz der EU definiert die gemeinsamen Ziele der europäischen Energiepolitik als das Funktionieren des Energiemarktes, die Sicherheit der Energieversorgung, die Förderung der Energieeffizienz und die Entwicklung erneuerbarer Energien sowie die Förderung des Verbunds der Energienetze. Nach Artikel 194 Absatz 2 AEUV ist die EU befugt, Maßnahmen zu ergreifen, um diese Ziele zu erreichen. Solche Maßnahmen dürfen jedoch nicht das Recht der Mitgliedstaaten berühren, ihren nationalen Energiemix und die allgemeine Struktur ihrer Energieversorgung selbst zu bestimmen. Dieser sogenannte Souveränitätsvorbehalt verhindert, dass die EU direkt in die genannten Bereiche der Energiepolitik eingreift, setzt allerdings trotzdem Leitplanken bei der Formulierung von langfristigen Strategien, etwa durch das Klima- und Energiepaket für 2020, den Klima- und Energierahmen für 2030, den Europäischen Green Deal oder das REPowerEU Paket 2022.28 Dies hat beispielsweise dazu geführt, dass Deutschland die Erneuerbare-Energien-Richtlinie und die Energieeffizienz-Richtlinie korrekt umgesetzt, aber Probleme bei der Verabschiedung ausreichender Maßnahmen für die Bereiche Verkehr und Gebäudebestand

28 Vgl. Michèle Knodt, Steuerung der Energietransformation durch die EU, in: Der moderne Staat 2/2019, S. 367–381; dies./ Marc Ringel/Rainer Müller, "Harder" Soft Governance in the European Energy Union, in: Journal of Environmental Policy & Planning 6/2020, S. 787–800.

hat. Insbesondere hat Deutschland das Ziel von zehn Prozent erneuerbarer Kraftstoffe im Verkehr und die Sanierungsquote von drei Prozent für Gebäude nicht erreicht.²⁹

Allerdings gibt es auch Bereiche, die unter die klimapolitische Kompetenz der EU fallen, in denen die EU durchaus Kompetenzen hat, eigene Instrumente aufzulegen, die sowohl einen direkten als auch indirekten Einfluss auf die Mitgliedstaaten haben. Das herausragende Beispiel ist das europäische Emissionshandelssystem (ETS), also der Handel mit Verschmutzungsrechten. Er steht in gewisser Weise im Widerspruch zum deutschen Hauptinstrument der Energiewende, den Einspeisevergütungen, die von der EU-Kommission mehrfach beanstandet wurden. Aus Furcht vor den negativen Auswirkungen des Emissionshandelsinstruments auf die Exportindustrie hat Deutschland lange gezögert, diese EU-Politik zu unterstützen.30 Bei der Verhandlung der ETS-Richtlinie setzte sich die Bundesregierung für spezifische Regelungen zu kostenlosen Zertifikaten oder quellenbezogenen Standards ein, die die Kohleverstromung privilegierten.³¹ Die Umsetzung des ETS betraf vor allem die Länder, das heißt das deutsche Emissionshandelsgesetz und die Nationalen Allokationspläne bedurften der Zustimmung des Bundesrates. Da sich die Bundesländer gemeinsam mit der betroffenen Industrie erfolgreich für verschiedene Ausnahmeregelungen einsetzten, hatte das deutsche Emissionshandelssystem in seiner Anfangsphase stark mit einem Überangebot an Zertifikaten zu kämpfen. Die zunächst durch das europäische ETS eingeführte Kohlenstoffbepreisung insbesondere im Energiesektor und in der Schwerindustrie hatte jedoch einen Diffusionseffekt, sodass Deutschland ein nationales Bepreisungssystem (nEHS) für Sektoren einführte, die nicht unter das europäische ETS fallen, insbesondere für die Wärmeerzeugung und den Verkehr. Die Einführung des nEHS wurde jedoch auch indirekt durch europäische Regelungen ausgelöst. Da Deutschland Gefahr lief, seine Reduktionsverpflichtungen im Rahmen der europäischen

²⁹ Vgl. Per O. Eikeland, Implementation in Germany, in: Jon B. Skjærseth et al. (Hrsg.), Linking EU Climate and Energy Policies: Decision-Making, Implementation and Reform, Cheltenham 2016, S. 91–119.

³⁰ Vgl. ebd., S. 105.

³¹ Vgl. Kemmerzell (Anm. 3), S. 683.

Effort-sharing-Verordnung zu verfehlen, wurde die Einführung eines nationalen Bepreisungssystems obligatorisch.³² Erreicht Deutschland seine Effort-sharing-Ziele nicht, muss es entweder Emissionsrechte von anderen Ländern erwerben oder sich sogar einem Vertragsverletzungsverfahren stellen.³³

Zudem agierte die Europäische Kommission als politischer Unternehmer, indem sie ihre generelle Kritik an den deutschen Einspeisevergütungen regelmäßig wiederholte. So forderte sie die Bundesregierung öffentlich auf, der durch die EEG-Umlage geschaffenen Preisdynamik beim Strompreis entgegenzuwirken.34 Die Europäische Kommission verfolgte eine eher lineare Sichtweise der Innovationspolitik unter dem Prinzip der Technologieneutralität und lehnte die Idee von Subventionen grundsätzlich ab.35 Die Zielsetzung eines einheitlichen europäischen Energiemarktes mit gestrafften Instrumenten verstärkte das Misstrauen der Kommission gegenüber nationalen Eigenheiten. So wurde die Umstellung auf Auktionen bei der Förderung erneuerbarer Energien zu einem guten Teil von der Kritik der Kommission an den fixen Vergütungssätzen angestoßen.

Sowohl bei den erneuerbaren Energien als auch bei der Energieeffizienz haben die europäischen Regelungen und der NECP-Prozess die deutsche Politik maßgeblich beeinflusst. Die Verabschiedung des Klimaschutzprogramms 2030 und des Klimaschutzgesetzes 2019 sowie dessen Überarbeitung wurden ebenfalls durch internationale Verpflichtungen beeinflusst. Die Emissionsminderungen und -instrumente sind Teil der langfristigen Klimaschutzstrategie, die auch vom Pariser Abkommen gefordert wird, genauer den National Determined Contributions (NDC), die

den Kern des Abkommens bilden. Die enge Verflechtung der internationalen und der europäischen Ebene zeigt sich darin, dass diese auch europäisch umgesetzt werden.³⁶

FAZIT

Die Klimaziele des Klimaschutzgesetzes, die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 65 Prozent zu reduzieren und bis 2045 klimaneutral zu werden, setzen das deutsche Energiesystem und die Steuerung des Übergangs unter einen beispiellosen Druck. Die gegenwärtige, mit dem russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine zusammenhängende Energiepreis- und Gaskrise hat diesen Druck noch erhöht und die Schwierigkeiten der Governance der Energiewende zusätzlich verstärkt. In diesem Zusammenhang stechen drei Herausforderungen hervor: erstens ein deutlich wachsender Strombedarf, der zunehmend durch erneuerbare Energien gedeckt werden und gleichsam die steigenden Gaspreise und sinkenden Gasimporte verkraften muss. Zweitens ist eine großflächige Nutzung von Wasserstoff notwendig, die derzeit bei vielen nicht direkt elektrifizierbaren Anwendungen in Industrie und Schwerverkehr die einzige realistische Alternative zu fossilen Brennstoffen zu sein scheint. Und drittens soll der Gesamtenergieverbrauch insbesondere durch eine Transformation des Wärmesektors reduziert werden - ein Vorhaben, das ebenso unter dem Druck der Gaskrise steht.37 Dieser Kraftakt kann nur gelingen, wenn die Koordination der Akteure über alle Ebenen und Politikfelder hinweg optimiert wird.

32 Vgl. AG Energiesysteme der Zukunft, Über eine CO₂-Bepreisung zur Sektorenkopplung: Ein neues Marktdesign für die Energiewende, Berlin 2019.

MICHÈLE KNODT

ist Professorin für Politikwissenschaft am Institut für Politikwissenschaft der Technischen Universität Darmstadt.

knodt@pg.tu-darmstadt.de

JÖRG KEMMERZELL

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Politikwissenschaft der Technischen Universität Darmstadt.

kemmerzell@pg.tu-darmstadt.de

³³ Vgl. Kemmerzell (Anm. 3), S. 699.

³⁴ Vgl. Volkmar Lauber/Staffan Jacobsson, The Politics and Economics of Constructing, Contesting and Restricting Socio-Political Space for Renewables – The German Renewable Energy Act, in: Environmental Lee Innovation and Societal Transitions Jg. 18/2016, S. 147–163, hier S. 153.

³⁵ Vgl. Lauber (Anm. 1).

³⁶ Vgl. Kemmerzell (Anm. 3), S. 699.

³⁷ Vgl. Prognos/Öko-Institut/Wuppertal-Institut, Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende, Berlin 2021; Kemmerzell (Anm. 3), S. 702.

Schon gehört?

Die APuZ gibt es auch als Podcast!



Im Podcast "Aus Politik und Zeitgeschichte" nehmen wir Sie mit zu unseren Expertinnen und Experten. Wir sind uns sicher, dass Sie und wir nach einer halben Stunde schlauer sind als vorher.

Neue Folgen gibt es einmal im Monat auf <u>bpb.de/apuz-podcast</u> und überall, wo Sie Podcasts hören.

WOMIT WIR WIRTSCHAFTEN

Energieverbrauch in Deutschland

Marc Oliver Bettzüge

"The most fundamental attribute of modern society is simply this: ours is a high-energy civilization based largely on the combustion of fossil fuels."⁰¹ Dieses Zitat des Energie- und Umweltwissenschaftlers Vaclav Smil beschreibt in prägnanter Form die energetischen Voraussetzungen einer auf der Verbrennung fossiler Rohstoffe beruhenden Lebensweise weiter Teile der Menschheit, insbesondere in den industrialisierten Volkswirtschaften.

Die Konsequenzen dieser Lebensweise und ihrer immer weiteren Ausweitung infolge des globalen Wirtschaftswachstums sind nicht erst seit dem Bericht über die Grenzen des Wachstums des Club of Rome bekannt, dessen Erscheinen sich in diesem Jahr zum 50. Mal jährt.02 Sowohl die Verfügbarkeit von natürlichen Ressourcen wie Kohle oder Mineralien als auch die Aufnahmefähigkeit der natürlichen Umwelt für die Abfallprodukte der globalen Volkswirtschaft wie Treibhausgase oder Umweltgifte sind begrenzt. Eine Zivilisation, die auf durch Extraktion gewonnenen Rohstoffen aufbaut, wird früher oder später an die entsprechenden Grenzen stoßen,03 was zu extrem schmerzlichen Anpassungsprozessen für die dann lebende Weltbevölkerung führen könnte.

In dem Bemühen, derartige Krisen vorausschauend zu mildern oder gar zu verhindern, kommt dem schnellen Rückgang der Nutzung fossiler Energieträger eine mehrfache Bedeutung zu. Unter anderem in Deutschland ist er daher seit vielen Jahren ein erklärtes Politikziel. Allerdings zeigen der aktuelle Gasnotstand, die inflationäre Wirkung hoher Energiepreise oder die Proteste der sogenannten Gelbwesten in Frankreich, wie hoch die Abhängigkeit der hiesigen Volkswirtschaften von der günstigen Verfügbarkeit fossiler Energieträger immer noch ist. Wie steht es also um die Struktur der Energieversorgung Deutschlands zu Beginn der dritten Dekade des 21. Jahrhunderts, mehr als 20 Jahre nach der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes?

ROLLE VON ENERGIE

Energie ist eine wichtige Zustandsgröße eines physikalischen Systems. Sie tritt in unterschiedlichen Formen auf, beispielsweise als thermische Energie (Wärme), kinetische Energie (Bewegung) oder elektrische Energie (Strom). Energie kann von einer Form in eine andere umgewandelt werden, Wärme zum Beispiel in Bewegung (Dampfmaschine) oder Bewegung in Strom (Generator).

Gemäß dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik bleibt Energie in einem abgeschlossenen System konstant (Energieerhaltungssatz). Energie kann weder aus dem Nichts erzeugt (erneuert) noch vernichtet werden. Daher kann eine Maschine Arbeit nur in dem Maße verrichten, in dem ihr Energie zur Verfügung steht. Aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik folgt, dass die Umwandlungsprozesse von Energie eine natürliche Richtung haben: vom Warmen zum Kalten. Daher können die Wärmeverluste, die bei Umwandlungsprozessen entstehen, beispielsweise durch Reibung, nicht vollständig aufgefangen und in nützliche Arbeit umgewandelt werden. Od

Ein biologischer Organismus kann trotz der Gültigkeit der beiden Hauptsätze seine Struktur aufrechterhalten, indem er energetische Umwandlungsprozesse unterhält, für die er mittels Nahrung Energie von außen zuführt und als Wärme wieder abgibt. Organismen der Spezies Homo sapiens betreiben zudem vielfältige Prozesse der Energieumwandlung außerhalb des menschlichen Körpers, insbesondere im Zusammenhang mit Verbrennungsprozessen.

In diesem Sinne lässt sich die physikalische Funktionsweise einer Volkswirtschaft mit derjenigen eines biologischen Organismus vergleichen: Sie hat einen Metabolismus, einen Stoffwechsel, der nur möglich ist, weil dieser Energie und Materie von außerhalb des Organismus bezieht und

Wärme und Abfälle nach außen abgeben kann. Ober Das relevante Umgebungssystem für die globale Volkswirtschaft ist dabei der Planet Erde, insbesondere die Biosphäre. Man spricht daher auch von der in die natürliche Umwelt "eingebetteten Ökonomie" (embedded economy). Ot

Die Qualität des jeweiligen Umwandlungsbeziehungsweise Verbrennungsprozesses wird in der Kulturanthropologie als wichtige Determinante der sozialen Organisation betrachtet. Weithin anerkannt ist Rolf Peter Sieferles Unterscheidung zwischen der "Jäger- und Sammlergesellschaft", die durch eine passive, "periodentreue" Nutzung der Sonneneinstrahlung geprägt war, der "Agrargesellschaft", deren Merkmal eine aktive und periodentreue Nutzung der Sonneneinstrahlung war, und der "Industriegesellschaft", die sich durch eine aktive und periodenuntreue Nutzung der Sonne und die Nutzung fossiler Brennstoffe auszeichnet.⁰⁸

Moderne, industrielle Volkswirtschaften wandeln in vielerlei Hinsicht Energie um, um menschlichen Zwecken zu dienen, beispielsweise in Fabrikanlagen, Fahrzeugen, Haushaltsgeräten, Heizungen oder Informationssystemen. Je größer die Volkswirtschaft ist, desto größer ist in der Regel auch die Zahl derartiger Anlagen. Daher verwundert es nicht, dass die Größe einer Volkswirtschaft (hier gemessen am Bruttoinlandsprodukt) eine enge Korrelation mit der jeweils durchgesetzten Energiemenge aufweist. ⁹⁹

- **01** Vaclav Smil, Energy at the Crossroads, Cambridge MA 2003, S. 1.
- **02** Vgl. Dennis Meadows et al., The Limits to Growth, New York
- **03** Vgl. Will Steffen et al., Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet, in: Science 6223/2015, www.science.org/doi/10.1126/science.1259855.
- **04** Vgl. Reinhard Weigand/Jürgen Köhler/Jens von Wolfersdorf, Die Hauptsätze der Thermodynamik, in: dies., Thermodynamik kompakt, Berlin–Heidelberg 2016, S. 13–46.
- **05** Vgl. z.B. Erwin Schrödinger, What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell, Cambridge 1944.
- **06** Vgl. Herman E. Daly, On Economics as a Life Science, in: Journal of Political Economy 3/1968, S. 392–406.
- **07** Vgl. Kate Raworth, Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist, London 2017.
- **08** Vgl. Marina Fischer-Kowalski/Fridolin Krausmann/Irene Pallua, A Sociametabolic Reading of the Anthropocene: Modes of Subsistence, Population Size and Human Impact on Earth, in: The Anthropocene Review 1/2014, S. 8–33.
- **09** Vgl. David I. Stern, Energy-GDP Relationship, in: The New Palgrave Dictionary of Economics, London 2018, S. 3697–3714.

PRIMÄRENERGIE FÜR DEUTSCHLAND

Mit Primärenergie wird diejenige Energie bezeichnet, die eine Volkswirtschaft aus der natürlichen Umgebung entnimmt. Dabei wird in der modernen Bilanzierung in aller Regel derjenige Teil der Primärenergie ausgeklammert, der von Menschen und Nutztieren über die Nahrungsaufnahme entnommen wird. Auch werden häufig nur diejenigen natürlich vorkommenden Energieträger bilanziert, die mittels kommerzieller Aktivitäten in den Wirtschaftskreislauf eingebracht werden, nicht aber beispielsweise privat gesammeltes Holz.

Der Primärenergieverbrauch kann nicht exakt gemessen, sondern muss aus verschiedenen Statistiken hochgerechnet werden. Hierfür gibt es international vereinbarte Standards, nach denen der Primärenergieverbrauch von thermischen Energieträgern wie Kohle, Erdgas oder Erdöl anhand ihrer jeweiligen Heizwerte ermittelt wird. Nichtfossilen Energieträgern für die Stromerzeugung, vor allem der Kernenergie und den als erneuerbar bezeichneten Energieträgern, 10 wird mit dem sogenannten Wirkungsgradprinzip ein äquivalenter Heizwert zugewiesen. 11

2021 betrug der so ermittelte Primärenergieverbrauch in Deutschland 12,4 Exajoule (EJ; ein Exajoule sind eine Trillion Joules).¹² Das entspricht etwa 424 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten und rund 2 Prozent des globalen Primärenergieverbrauchs im Jahr 2021.¹³ Umge-

- 10 Die mittlerweile gängige Definition bezeichnet solche Energieträger als erneuerbar, die sich, gemessen auf einer menschlichen Zeitskala, nicht erschöpfen. Von dieser Definition werden die Solarstrahlung (einschließlich abgeleiteter Effekte wie zum Beispiel Biomasse, Windenergie und Lageenergie des Wassers), die Einflüsse der Planetenbewegung und Gravitation (wie die Gezeiten) sowie die Erdwärme erfasst. Vgl. Martin Kaltschmitt et al., Einführung und Aufbau, in: ders./Wolfgang Streicher/Andreas Wiese (Hrsg.), Erneuerbare Energien, Berlin-Heidelberg 2013, S. 1–45, hier S. 5, S. 12.
- 11 Gemäß internationaler Standards beträgt dieser 33 Prozent für Kernenergie und 100 Prozent für erneuerbare Energieträger. 1 Kilowattstunde (kWh) elektrischer Strom aus Kernenergie entspricht daher 3 kWh Wärmeleistung in der Primärenergiebilanz, während 1 kWh elektrischer Strom aus Wind als 1 kWh Wärmeleistung in die Primärenergiebilanz eingeht. Vgl. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB), Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland, Daten für die Jahre von 1990–2021, Münster–Berlin 2022.
- 12 Vgl. ebd.
- 13 Vgl. BP, Statistical Review of World Energy 2022, London 2022.

rechnet auf jeden Bundesbürger wurde also in Deutschland das Äquivalent von etwa 5,1 Tonnen Steinkohle pro Jahr oder 14 Kilogramm am Tag verbraucht.

Fossile Energieträger wie Öl, Erdgas, Steinund Braunkohle haben im Jahr 2021 etwas mehr als 77 Prozent zum deutschen Primärenergieverbrauch beigetragen. Weitere 6 Prozent entfielen auf die Kernenergie. Erneuerbare Energieträger wurden mit einem Anteil von knapp 16 Prozent bilanziert. Der Rest entfiel auf sonstige Primärenergieträger sowie den Stromaustauschsaldo mit anderen Ländern.¹⁴

Zwischen den Jahren 2000 und 2021 ist der Primärenergieverbrauch in Deutschland um etwa 14 Prozent gesunken. Der Anteil fossiler Energieträger betrug im Jahr 2000 noch knapp 84 Prozent, 13 Prozent entfielen auf die Kernenergie und 3 Prozent auf erneuerbare Energieträger.¹⁵

Insgesamt hat sich der Primärenergieverbrauch der deutschen Volkswirtschaft also verringert und von fossilen und nuklearen zu erneuerbaren Energieträgern verschoben. Dennoch ist das deutsche Energiesystem immer noch zu mehr als drei Vierteln auf fossile Energieträger angewiesen und unterscheidet sich mit Blick auf diese Abhängigkeit nur geringfügig vom globalen Durchschnitt, der bei 82 Prozent liegt.¹⁶

AUSTAUSCH MIT DEM AUSLAND

Das Primärenergieaufkommen im Inland betrug 16,5 EJ im Jahr 2021. Davon stammte nur rund ein Fünftel (3,5 EJ) aus heimischer Primärenergiegewinnung, vor allem aus erneuerbaren Energieträgern (2 EJ) und Braunkohle (1,2 EJ). Die heimische Gewinnung von Erdgas und Erdöl ist dagegen vergleichsweise gering (je 0,2 EJ).¹⁷

Der weitaus größte Teil des Primärenergieaufkommens (12,6 EJ) entfiel auf importierte Energieträger, vor allem Erdgas (5,5 EJ), Mineralöle (5,0 EJ) und Steinkohle (1,1 EJ). Für alle fossilen Importe war Russland 2021 das mit Abstand wich-

- 14 Vgl. AGEB (Anm. 11).
- 15 Vgl. ebd. Würde man den aus Kernenergie erzeugten Strom analog zu den erneuerbaren Energieträgern bilanzieren, fiele der beobachtete Rückgang des Primärenergieverbrauchs mit rund 10 Prozent etwas geringer aus.
- 16 Vgl. BP (Anm. 13).
- 17 Vgl. AGEB (Anm. 11).
- 18 Vgl. ebd.

tigste Lieferland für Deutschland (Erdöl 34 Prozent; Erdgas 55 Prozent; Steinkohle 57 Prozent).¹⁹

Die Bundesrepublik exportiert substanzielle Primärenergiemengen in ihre Nachbarländer, den Großteil als Weiterleitung vorheriger Importe. Im Jahr 2021 betrugen diese Ausfuhren 4,0 EJ. Zu weit mehr als der Hälfte handelte es sich hierbei um Ausfuhren von Erdgas (2,5 EJ);²⁰ der Rest waren vor allem Mineralöle (1,1 EJ) sowie, in weit geringerem Umfang, Strom (0,3 EJ), erneuerbare Energieträger (0,1 EJ) und Kohle (0,1 EJ).²¹

ENDENERGIEVERBRAUCH IN DEUTSCHLAND

"Endenergie" erfasst Energiemengen, die dem Endverbraucher zur Verfügung gestellt werden, zum Beispiel Strom aus der Steckdose oder Benzin an der Zapfsäule. Der Endverbrauch führt dann in aller Regel noch zu weiteren Energieumwandlungen etwa von Strom in Licht oder von Benzin in Bewegung, die jedoch bilanziell nicht mehr erfasst werden.

Der Endenergieverbrauch in Deutschland betrug 2021 8,7 EJ und lag damit um etwa 30 Prozent unter dem Primärenergieverbrauch. Der Unterschied zwischen den beiden Werten resultiert aus den Verlusten, die im Energiesektor entstehen, zum Beispiel bei der Umwandlung von Primärenergie in Endenergie in Kraftwerken oder Raffinerien. Umwandlungsverluste im Energiesektor können minimiert, aber aufgrund des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik nicht auf null gesenkt werden. Zusätzliche nicht bilanzierte Verluste ergeben sich bei der Verwendung der Endenergie am Ort des Verbrauchs.

Den größten Anteil an der Deckung des Endenergiebedarfs hatten im Jahr 2021 mit rund 33 Prozent Mineralölprodukte, gefolgt von Erdgas mit 27 Prozent und Strom mit 21 Prozent. Der Rest verteilt sich auf direkt genutzte erneuerbare Energieträger wie Biokraftstoffe oder Holzpellets, auf Fernwärme und Steinkohle sowie einen kleinen Rest sonstiger Energieträger.

- 19 Vgl. Lisa Just/Patricia Wild/Fabian Arnold, Deutsche und europäische Energieimporte, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, EWI Kurzanalyse, Köln 2022.
- 20 Aktuell vor allem nach Tschechien sowie nach Österreich, Polen und die Schweiz. Vgl. Bundesnetzagentur, Aktuelle Lage der Gasversorgung in Deutschland, 31.10.2022, www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/start.html.
- 21 Vgl. AGEB (Anm. 11).

Seit der Jahrtausendwende hat sich der Endenergieverbrauch in Deutschland um rund 6 Prozent und damit nur geringfügig vermindert (2000 waren es 9,2 EJ). Da der Primärenergieverbrauch stärker als der Endenergieverbrauch zurückgegangen ist, hat sich rechnerisch die Effizienz des Energiesektors erhöht. Zu diesem Befund hat insbesondere der Aufwuchs der mit Umwandlungsverlusten von null bilanzierten erneuerbaren Energieträger beigetragen.²²

Die Struktur des Endenergieverbrauchs hat sich in den vergangenen beiden Jahrzehnten teilweise verändert, vor allem im Hinblick auf eine Verschiebung von Mineralölen zu direkt genutzten erneuerbaren Energieträgern. Hintergrund sind vor allem die staatlichen Maßnahmen zur Erhöhung des Anteils von Biokraftstoffen. Gleichzeitig hat sich der Anteil von Strom nur in geringem Umfang erhöht. Eine weitergehende Elektrifizierung wurde vermutlich auch durch die im Zeitverlauf stark gestiegenen Endverbrauchskosten von Strom verhindert.²³

Insgesamt ist der Endenergieverbrauch in Deutschland also seit dem Jahr 2000 leicht zurückgegangen. Zwar konnte die Bedeutung von Mineralölen in gewissem Umfang vermindert werden, dennoch sind die Veränderungen bislang auch auf der Ebene des deutschen Endenergieverbrauchs eher graduell als abrupt.

VERBRAUCHSSEKTOREN

Die Nutzung der Endenergie verteilt sich in Deutschland vergleichsweise gleichmäßig auf die größten Verbrauchssektoren: Rund 29 Prozent entfallen auf das verarbeitende Gewerbe,²⁴ 28 Prozent auf private Haushalte und 27 Prozent auf den Verkehr.²⁵ Weitere 16 Prozent vom Endenergieverbrauch macht der Bedarf des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen aus. Der geringfügige Rest wird in der Landwirtschaft, der Fischerei sowie in der Bauwirtschaft verbraucht.²⁶

- **22** Vgl. ebd.
- 23 So ist der Index der Verbraucherpreise für Strom (2015 = 100) von 61,6 im Jahr 2005 auf 111,5 im Jahr 2021 gestiegen, insgesamt um mehr als 80 Prozent. Vgl. Statistisches Bundesamt, Preise: Daten zur Energiepreisentwicklung, Wiesbaden 2022.
- **24** Einschließlich Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden.
- **25** Davon entfallen etwa 86 Prozent auf den Straßenverkehr und 11 Prozent auf den Luftverkehr.
- 26 Vgl. AGEB (Anm. 11).

Die einzelnen Sektoren unterscheiden sich erheblich in der Struktur der verbrauchten Endenergieträger. Während der Verkehrssektor im Jahr 2021 beispielsweise zu weit über 90 Prozent auf Mineralöle angewiesen war, stützte sich das verarbeitende Gewerbe vorrangig auf Gas (36 Prozent) und Strom (30 Prozent). Bei den privaten Haushalten war im Jahr 2021 Erdgas mit Abstand der wichtigste Endenergieträger (42 Prozent); bei Gewerbe, Handel und Dienstleistungen waren es Elektrizität (37 Prozent) sowie Erdgas (30 Prozent).²⁷

Strukturell hat das verarbeitende Gewerbe in den vergangenen beiden Jahrzehnten leicht an relativem Gewicht gegenüber den anderen Sektoren gewonnen. In den Jahren 2020 und 2021 ist der bis dahin seit dem Jahr 2000 weitgehend konstante Anteil des Verkehrs pandemiebedingt spürbar gesunken.

STROMSEKTOR

Der Stromsektor ist ein wichtiger Teilsektor der Energiewirtschaft, in dem Primärenergie in elektrische Endenergie umgewandelt wird. Der absolute Brutto-Stromverbrauch²⁸ lag im Jahr 2021 bei 569 Terawattstunden (TWh), die inländische Bruttostromerzeugung bei 588 TWh und der Stromexportsaldo entsprechend bei 19 TWh.²⁹

Fossile Energieträger haben 44 Prozent zur Stromerzeugung im Jahr 2021 beigetragen, vor allem durch Braunkohle und Erdgas. Durch die Umwandlung erneuerbarer Energieträger wurden im gleichen Jahr etwa 40 Prozent des in Deutschland hergestellten Stroms erzeugt. ³⁰ Der Rest von knapp 12 Prozent entfiel beinahe vollständig auf Strom aus Kernenergie. Fast die Hälfte der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern entfiel auf Wind, je knapp ein Viertel auf Photovoltaik und Biomasse, der Rest vor allem auf Wasserkraft.

- 27 Vgl. ebd.
- **28** Der Brutto-Stromverbrauch schließt den Eigenverbrauch des Energiesektors ein.
- **29** Vgl. AGEB, Stromerzeugung nach Energieträgern, Berlin 2022.
- **30** Häufig wird die Brutto-Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern auf den Brutto-Stromverbrauch bezogen. Im Jahr 2021 betrug das so ermittelte Verhältnis 41 Prozent. Diese Rechnung impliziert die Annahme, dass der gesamte Exportsaldo auf Strom aus nicht-erneuerbaren Energieträger entfällt. Diese Annahme erscheint diskussionswürdig, da der Strom aus Wind und Photovoltaik zu Grenzkosten von null eingespeist wird und damit für die Beschaffung aus dem Ausland durchaus attraktiv sein dürfte.

Gegenüber dem Jahr 2000 ist der Brutto-Stromverbrauch geringfügig um 11 TWh gesunken, während die Brutto-Stromerzeugung im selben Zeitraum um 12 TWh gestiegen ist. Dabei hat sich die Erzeugung aus erneuerbaren Energieträgern um 196 TWh erhöht, vor allem durch Wind an Land (plus 80 TWh), Photovoltaik (plus 50 TWh) und Biomasse (plus 43 TWh). Im Gegenzug ist die Stromerzeugung aus Kernenergie zwischen 2000 und 2021 um 100 TWh zurückgegangen, sodass im Saldo aus erneuerbaren Energieträgern und Kernenergie die emissionsarme Stromerzeugung in Deutschland seit dem Jahr 2000 um knapp 96 TWh gewachsen ist. Parallel ist die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern um 87 TWh gesunken.³¹

Insgesamt ist der politisch angestrebte Umbau des Energiesystems in Richtung einer möglichst ausschließlichen Nutzung von erneuerbaren Energieträgern im Stromsektor zwar weiter fortgeschritten als bei den anderen Endenergieträgern. Dennoch sind auch in diesem Sektor konventionelle Formen der Energiebereitstellung immer noch von größerer Bedeutung als die erneuerbaren Energieträger, sowohl mengenmäßig als auch in Bezug auf die Gewährleistung jederzeitiger Versorgungssicherheit.³²

AKTUELLE SITUATION

Im Zusammenhang mit dem Krieg in der Ukraine sowie den daraufhin beschlossenen Wirtschaftssanktionen der Europäischen Union gegen die Russische Föderation ist es zu erheblichen Rückgängen russischer Energielieferungen in die EU gekommen. Beispielsweise erhält Deutschland seit dem 2. September 2022 keinerlei Gas mehr über die Pipeline Nord Stream 1.

Aktuelle Abschätzungen der Gasmengenbilanz für den relevanten geografischen Raum³³ deuten darauf hin, dass es bei einem vollständi-

- 31 Vgl. AGEB (Anm. 11).
- **32** Zu Beginn des Jahres 2022 betrugen die installierten Erzeugungskapazitäten von Kohle-, Erdgas-, Öl- und Kernkraftwerken 71,5 Gigawatt (GW), davon 6,8 GW in der Netzreserve, 1,1 GW in der Kapazitätsreserve und 1,8 GW in der Sicherheitsbereitschaft. Zum Vergleich: Die zu versorgende Jahreshöchstlast beläuft sich derzeit auf etwa 80 GW. Vgl. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, Die Energieversorgung 2021: Jahresbericht, Berlin 2022.
- **33** Gemeint sind hier die EU und das Vereinigte Königreich, aber ohne Spanien, Portugal, Malta und Zypern, da diese Länder nicht oder nur geringfügig an das europäische Gasnetz angeschlossen sind.

gen Wegfall russischer Gaslieferungen nach Europa je nach Wetterlage zu Engpässen kommen kann. Als kritisch erweist sich dabei nicht nur die Mengenverfügbarkeit in diesem Winter, sondern potenziell auch im Winter 2023/24. Denn selbst, wenn die Gasspeicher am 30. April 2023 noch nicht ganz leer wären, müssten sie bis zum Herbst 2023 wieder fast vollständig gefüllt werden. Damit dies möglich wird, müsste der Winter 2022/23 entweder extrem mild werden, die Nachfrage dauerhaft stärker als bislang sinken oder das Angebot um mehr als die bislang geplanten neuen Flüssiggasterminals in den Niederlanden, Norddeutschland, Norditalien und Griechenland erweitert werden.³⁴

Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass im Jahresverlauf 2022 fast durchgängig extrem hohe Gaspreise in Deutschland gezahlt werden. Der hohe Preis für Erdgas schlägt auch auf den Strommarkt durch – und wird umgekehrt durch die aktuelle Situation auf dem Strommarkt weiter verschärft. Denn durch den derzeitigen Ausfall einer Vielzahl französischer Kernkraftwerke wird die Stromerzeugung aus Gaskraftwerken notwendiger als ohnehin schon. Der hohe Erdgaspreis macht also auch Strom teuer. Und umgekehrt übersetzt sich die hohe Zahlungsbereitschaft für (knappen) Strom auch in eine hohe Zahlungsbereitschaft für (knappes) Erdgas.

Aktuell lassen die Terminmarktpreise für die Lieferung von Strom und Gas in den Jahren 2023 bis 2026 darauf schließen, dass die Marktteilnehmer trotz der bisher beschlossenen politischen Maßnahmen nur eine vergleichsweise langsame Entspannung der kritischen Knappheitssituation erwarten. So sinkt der Terminpreis für Gas zwar kontinuierlich mit jedem späteren Erfüllungsjahr bis 2026 ab, er liegt aber auch für die Lieferung in vier Jahren weiterhin deutlich über dem Niveau des Jahres 2021. Ein ähnliches Bild zeigt sich für die Terminpreise für die Lieferung von Strom. Terminpreise für die Lieferung von Strom.

Ohne eine fundamentale Veränderung der Rahmendaten könnte die Energiekrise also noch über mindestens zwei Winter andauern. Insbe-

³⁴ Vgl. Eren Cam/David Schlund, Ausblick auf die Gasversorgung in der EU im kommenden Gaswirtschaftsjahr 2022/2023, EWI Kurzanalyse, Köln 2022.

³⁵ Vgl. European Energy Exchange AG, Marktdaten, www. eex.com/de/marktdaten.

³⁶ Vgl. ebd.

sondere die anhaltend fehlenden Gaslieferungen aus Russland können wohl erst in einigen Jahren vollständig aus anderen Quellen ersetzt werden, nämlich erst dann, wenn die hierfür erforderliche Infrastruktur errichtet worden ist. Angesichts der Größenordnung der absehbaren finanziellen Belastungen für Unternehmen und private Haushalte durch die stark gestiegenen Energiepreise könnte aus der aktuellen Energiekrise eine systemische Krise für die europäischen Volkswirtschaften erwachsen.

In allen von den enormen Preisanstiegen betroffenen Staaten sowie auf Ebene der Europäischen Union werden vor diesem Hintergrund Maßnahmen zur Bewältigung der Folgen dieser extremen Situation diskutiert. Dabei ist vor allem zwischen drei Arten von Maßnahmen zu unterscheiden: Maßnahmen zur Ausweitung des Angebots von Gas und Strom, Maßnahmen zur außermarktlichen Reduktion der Nachfrage nach Gas und Strom sowie Maßnahmen zur Korrektur unerwünschter Verteilungswirkungen. Aus ökonomischer Sicht tragen nur die ersten beiden Arten von Maßnahmen zu einer fundamentalen Entlastung bei, während es bei den letztgenannten Maßnahmen um eine veränderte Allokation der mit der Knappheit verbundenen (finanziellen) Lasten geht.

FAZIT

Der Nobelpreisträger für Chemie des Jahres 1921, Frederick Soddy, schrieb vor über einem Jahrhundert, dass die moderne Zivilisation bei einem Ausfall der Energieversorgung so abrupt an ihr Ende käme wie die Musik einer Orgel ohne Wind.³⁷ Der enorme Anstieg der Strom- und Gaspreise in Europa im Angesicht einer historischen Knappheit auf diesen Märkten mag als aktueller Beleg für die fortgesetzte Gültigkeit dieser Aussage gelten.

Tatsächlich hängt die deutsche Volkswirtschaft, wie alle entwickelten Volkswirtschaften, in erheblichem Umfang von der Nutzung von

Primärenergie ab. Dabei ist trotz aller Bemühungen im Zusammenhang mit der angestrebten Energiewende der Rückgriff auf fossile Energieträger nach wie vor von großer Bedeutung sowohl für den globalen als auch für den deutschen Energie-Metabolismus.

Deutschland ist bezüglich seiner Energieversorgung in hohem Maße abhängig von Importen, derzeit vor allem im Hinblick auf fossile und nukleare Energieträger. Die hier berichteten Daten über die Struktur der deutschen Energieversorgung legen nahe, bei allen Bemühungen zum Ausbau der Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie sowie zur Erhöhung der Energieeffizienz auch in den kommenden Jahren noch sehr aufmerksam über Strategien für den noch auf absehbare Zeit großen Rest der Primärenergiebeschaffung nachzudenken.

Hinzu kommt, dass mit den neuen Energieträgern auch neue Abhängigkeiten entstehen können, beispielsweise mittelbar bei Photovoltaik-Modulen, Batterien oder einer Vielzahl von Rohstoffen, die für die ausgewählten Energie-Technologien gebraucht werden. Auch unmittelbare Abhängigkeiten können perspektivisch entstehen, beispielsweise bei neuen Sekundärenergieträgern wie Wasserstoff. Insgesamt war, ist und bleibt Energiepolitik daher ein essenzieller Bestandteil einer übergreifenden Geostrategie für Deutschland.

MARC OLIVER BETTZÜGE

ist Professor für Volkswirtschaftslehre an der Universität zu Köln und geschäftsführender Direktor des dortigen Energiewirtschaftlichen Instituts (EWI). bettzuege.marc@uni-koeln.de

^{37 &}quot;The fact remains that, if the supply of energy failed, modern civilization would come to an end as abruptly as does the music of an organ deprived of wind." Frederick Soddy, Matter and Energy, London 1912, S. 251.

³⁸ Vgl. z.B. International Renewable Energy Agency, Geopolitics of the Energy Transformation – The Hydrogen Factor, Abu Dhabi 2022.

DAS GEBOT DER STUNDE

Energiesparen durch Energiesuffizienz

Benjamin Best · Carina Zell-Ziegler

Energiesparen ist durch den Krieg in der Ukraine das Gebot der Stunde, um uns unabhängig von russischen Energieträgern zu machen; vor Kriegsbeginn spielte dieses Thema keine allzu große Rolle in der breiteren politischen Diskussion. In Szenarien und Strategien, wie mittel- und langfristige Klimaziele erreicht werden könnten, gewann das Thema Energiesparen durch Energiesuffizienz in den vergangenen Jahren hingegen immer mehr an Bedeutung, wobei die technischen Strategien Effizienz und Konsistenz, also die Umstellung auf erneuerbare Energien, noch immer maßgebend sind.

In diesem Beitrag zeigen wir, welche Rolle das Senken des Energieverbrauches spielt, um Klimaziele zu erreichen, und warum dies eine geeignete Möglichkeit ist, multiple Krisen gleichzeitig zu lösen. In Hinblick darauf ist Energiesuffizienz unabdingbarer Bestandteil möglicher Lösungsstrategien. Außerdem skizzieren wir, welche kurz-, mittel- und langfristigen Politikinstrumente derzeit diskutiert werden, und ergänzen dies um weitere Ideen zu Einsparpotenzialen sowie um Umsetzungsbeispiele.

WAS IST ENERGIESUFFIZIENZ?

"Suffizienz" bezeichnet die Strategie des "Weniger" (Energiesparen), aber auch des "Genug" (Reduktion von Energiearmut). Sie ist, neben der Konsistenz und der Effizienz, eine von drei Strategien, um ökologische Nachhaltigkeit im Energiesektor zu erreichen. Energiesuffizienz zielt also auf die absolute Reduktion beziehungsweise Begrenzung des gesellschaftlichen Energiebedarfes. Wir definieren Energiesuffizienz folgendermaßen: "Energy sufficiency is the strategy of achieving absolute reductions of the amount of energy-based services consumed, notably through promoting intrinsically low-energy activities, to reach a level of enoughness that ensures sustainability."⁰¹

Energiesuffizienz ist demnach sowohl Strategie als auch Ziel. Als Strategie kann sie umgesetzt werden, indem man beispielsweise die Nachfrage nach Energiedienstleistungen wie beheizte Quadratmeter oder mit dem Auto zurückgelegte Personenkilometer absolut reduziert. Das heißt: kürzere Wege, gemeinschaftliche Wohnformen, aber auch haltbare Konsumprodukte sowie der Umstieg auf Bus, Bahn oder Fahrrad. Das Enough/Genug in der Suffizienzdefinition beschreibt demgegenüber ein doppeltes Ziel: Erstens umschreibt es eine Situation, in der jeder Mensch Zugang zu ausreichend Energie hat, um seine/ihre Grundbedürfnisse zu stillen,02 und zweitens sollen die Auswirkungen der Energienachfrage beziehungsweise des Energiesystems die ökologischen Belastungsgrenzen nicht überschreiten.03

Auch der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) hat in seinem jüngsten Bericht eine Suffizienzdefinition mit Fokus auf Energie- und Klimapolitik vorgelegt: "Suffizienzpolitik umfasst die Gesamtheit politischer Maßnahmen und Alltagspraktiken, die dazu beitragen, die Nachfrage nach Energie, Material, Fläche und Wasser auf ein Maß zu reduzieren, das die Befriedigung von Grundbedürfnissen innerhalb der planetaren Grenzen ermöglicht."04

Je nachdem, welche Theorie gesellschaftlichen Wandels zugrunde gelegt wird, können drei Transformationspfade in Richtung Energiesuffizienz unterschieden werden:⁰⁵

1. Individuelle Konsumreduktion bedeutet, insgesamt weniger pro Kopf zu verbrauchen. Dies setzt gewisse Handlungskapazitäten voraus und ist im Sinne der Selbstverantwortung gut mit liberalen Freiheitsvorstellungen vereinbar. Jedoch ist das Potenzial dieses Ansatzes limitiert, weil eine massenhafte freiwillige Selbst-Deprivilegierung der globalen Mittelund Oberschicht sehr unwahrscheinlich ist.

- 2. Politikinstrumente verschiedener Eingriffstiefen können ins Spiel gebracht werden, um Suffizienz zu begünstigen, wie etwa Steuern und Anreize, Verbesserungen beziehungsweise Änderungen der vorhandenen Infrastruktur oder Regulierungen und Verbote. Dieser Pfad setzt einen starken Staat voraus, der jedoch um partizipative Verfahren ergänzt wird, um Suffizienzstrategien sowohl im Konsum als auch in der Produktion umzusetzen.
- 3. Soziale Bewegungen betonen hingegen die Rolle von Macht und Interessen und hinterfragen das gegenwärtige System mit seinen Abhängigkeiten und Zwängen, häufig mit dem Ziel, einen grundsätzlichen Systemwandel herbeizuführen. Dabei orientieren sich soziale Bewegungen häufig an globalisierungs- und wachstumskritischen Ansätzen und zielen auf egalitäre, demokratische und ökologisch nachhaltige Wirtschafts- und Gesellschaftsformen, in denen ein bewussterer Umgang mit Energie und Ressourcen eine wichtige Rolle spielt.

Die Ziele sowohl möglicher Politikinstrumente als auch der sozialen Bewegungen implizieren,

- **01** Carina Zell-Ziegler et al., Enough? The Role of Sufficiency in European Energy and Climate Plans, in: Energy Policy 157/2021, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112483.
- **02** Vgl. Doris Fuchs et al., Consumption Corridors: Living a Good Life within Sustainable Limits, New York 2021¹, https://doi.org/10.4324/9780367748746; Kate Raworth, Doughnut Economics: Seven Ways to Think like a 21st-Century Economist, White River Junction 2017.
- **03** Vgl. Frauke Wiese et al., Why Sufficiency? An Interdisciplinary Perspective, in: Sustainability: Science, Practice and Policy (in Begutachtung). Eine inspirierende Konzeption eines Wirtschaftssystems, das planetare Grenzen nicht über- sowie soziale Grenzen nicht unterschreitet, stammt von der Ökonomin Kate Raworth, www.kateraworth.com/doughnut.
- **04** Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers, Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. 41, www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SPM.pdf (Übers. d. Red.).
- **05** Ausführlich zu diesen drei analytischen Transformationstypen vgl. Jonas Lage, Sufficiency and Transformation A Semi-Systematic Literature Review of Notions of Social Change in Different Concepts of Sufficiency, in: Frontiers in Sustainability 3/2022, https://doi.org/10.3389/frsus.2022.954660.
- **06** Beispielsweise lautet die Richtungsforderung globaler Fridays-Bündnisse als auch von Ende Gelände in Deutschland: "System Change not Climate Change".

was auch die Klimaforschung nahelegt: Die Produktions- und Konsumlogiken müssen sich ändern. Von möglichst billig hin zu haltbar, langlebig, reparierbar. Auch der Wertewandel ist entscheidend: *small is beautiful* vs. immer größer, schneller, mehr.

BEDEUTUNG FÜR DIE KLIMAPOLITIK

Deutschland will bis zum Jahr 2045 klimaneutral sein. Im Rahmen des Pariser Klimaabkommens soll die Erderwärmung auf maximal 2 Grad Celsius, besser 1,5 Grad Celsius begrenzt werden. Doch weder in Deutschland, geschweige denn weltweit, sind wir derzeit auf Zielkurs. Die Emissionen sinken nicht so schnell wie nötig⁰⁷ beziehungsweise steigen weltweit, und auch der Endenergieverbrauch ist seit 1990 nicht wesentlich gesunken.08 In Anbetracht der Auswirkungen, die eine Verfehlung der Klimaziele mit sich bringen würde, müssen die Anstrengungen daher deutlich zunehmen.09 Der Ausbau der erneuerbaren Energien leistet einen wichtigen Beitrag dazu, allerdings kommt er absehbar an seine Grenzen: Wenn wir in den Bereichen Mobilität, Heizen und Industrie auf Strom aus erneuerbaren Energien umstellen, beispielsweise durch E-Autos und Wärmepumpen, brauchen wir 2050 deutschlandweit etwa die siebenfache Anlagenkapazität an Wind- und Solaranlagen von heute.10 Nur in Studien, die eine ambitioniertere Reduktion des Energieverbrauchs einbeziehen, sind die Ausbaupfade moderater (Abbildung 1). Umgekehrt kann man schlussfolgern: Je stärker die Energienachfrage sinkt, desto leichter kann ein vollständig auf erneuerbare Energien ausgerichtetes System umgesetzt werden.

Das Unrealistische an solch hohen Ausbaupfaden liegt nicht nur an der fraglichen Akzeptanz in der Gesellschaft oder dem Mangel an Fachkräf-

- **07** Vgl. Umweltbundesamt, Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, 15.3.2022, www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland.
- **08** Vgl. Umweltbundesamt, Energieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren, 25.3.2022, www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren. **09** Vgl. IPCC (Anm. 4).
- 10 Vgl. Frauke Wiese/Johannes Thema/Luisa Cordroch, Strategies for Climate Neutrality. Lessons From a Meta-Analysis of German Energy Scenarios, in: Renewable and Sustainable Energy Transition 2/2022, https://doi.org/10.1016/j.rset.2021. 100015.

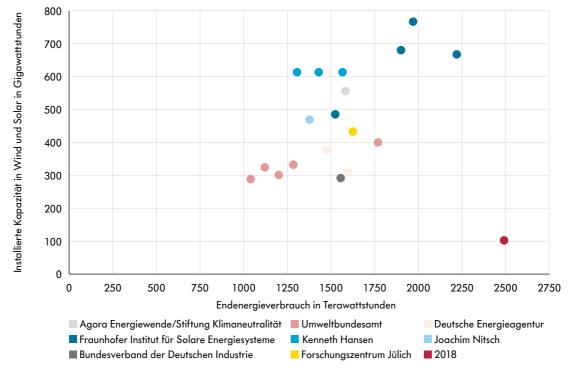


Abbildung 1: Vergleich von Endenergieverbrauch mit installierten Kapazitäten (Wind und Photovoltaik).

Die Daten stammen aus verschiedenen Szenariostudien unterschiedlicher Autor:innen und Forschungsinstitute; je Autor:in/Institut eine Farbe; die Punkte kennzeichnen jeweils ein Szenario im klimaneutralen Zustand, zum Vergleich mit dem gegenwärtigen Zustand dient der rote Punkt (Referenz = 2018)

Quelle: Frauke Wiese/Johannes Thema/Luisa Cordroch, Strategies for Climate Neutrality. Lessons from a Meta-Analysis of German Energy Scenarios, in: Renewable and Sustainable Energy Transition 2/2022, https://doi.org/10.1016/j.rset.2021.100015.

ten. Auch der Ressourcenbedarf für diese Menge an Anlagen ist enorm und tangiert viele Nachhaltigkeitsaspekte: Einige benötigte Ressourcen sind nicht erneuerbar und daher endlich, wie seltene Erden.¹¹ Für den Abbau von Rohstoffen wird Energie benötigt, oft auch Wasser und entsprechende Chemikalien. Dies hat nicht nur fatale Auswirkungen auf die Umwelt, sondern führt auch zu sozialen Verwerfungen. In den Abbauregionen kommt es oft zu Gesundheitsproblemen, teils zu Menschenrechtsverletzungen und auch wirtschaftlichen Abhängigkeiten.¹² Zudem

hat der Rohstoffabbau Einfluss auf die Landnutzung und Biodiversität.¹³ Beides sind – analog zum Klimawandel – planetare Grenzen, die bereits überschritten sind. Die Fokussierung auf die Klimakrise und die Energiewende ohne Berücksichtigung möglicher Folgeeffekte könnte so zu einer weiteren Überschreitung planetarer Grenzen beitragen.

Genauso problematisch wird es, wenn große Mengen Energieträger wie Strom, Wasserstoff oder andere synthetische Kraftstoffe nach Deutschland importiert oder Biomasse in grö-

https://doi.org/10.1142/9789811233548_0012; Melissa Farley, Making the Connections: Resource Extraction, Prostitution, Poverty, Climate Change, and Human Rights, in: The International Journal of Human Rights 6/2022, S. 1032–1055, https://doi.org/10.1080/13642987.2021.1997999.

¹¹ Vgl. Rene Kleijn/Ester van der Voet, Resource Constraints in a Hydrogen Economy Based on Renewable Energy Sources: An Exploration, in: Renewable and Sustainable Energy Reviews 9/2010, S. 2784–2795, https://doi.org/10.1016/j.rser. 2010.07.066.

¹² Vgl. Abigail Martin/Alastair Iles, The Ethics of Rare Earth Elements Over Time and Space, in: Joachim Schummer/Tom Børsen, Ethics of Chemistry. From Poison Gas to Climate Engineering, Aalborg 2021, S. 317–346,

¹³ Vgl. Jose A. Rehbein et al., Renewable Energy Development Threatens Many Globally Important Biodiversity Areas, in: Global Change Biology 5/2020, S. 3040–3051, https://doi.org/10.1111/gcb.15067.

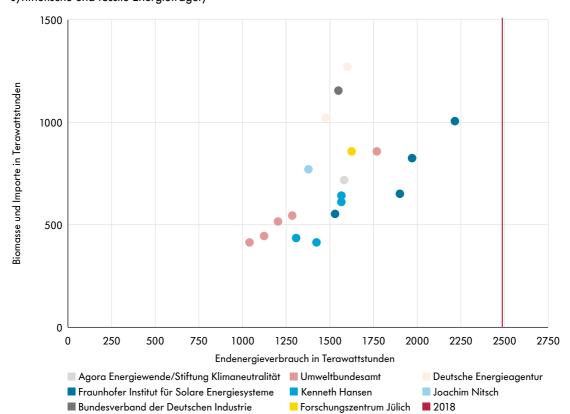


Abbildung 2: Vergleich von Endenergieverbrauch mit der Nutzung von Biomasse sowie Importen (Strom, synthetische und fossile Energieträger)

Die Daten stammen aus verschiedenen Szenariostudien unterschiedlicher Autor:innen und Forschungsinstitute; je Autor:in/Institut eine Farbe; die Punkte kennzeichnen jeweils ein Szenario im klimaneutralen Zustand; zum Vergleich mit dem gegenwärtigen Zustand dient die rote Linie (Referenz = 2018)

Quelle: Frauke Wiese/Johannes Thema/Luisa Cordroch, Strategies for Climate Neutrality. Lessons from a Meta-Analysis of German Energy Scenarios, in: Renewable and Sustainable Energy Transition 2/2022, https://doi.org/10.1016/j.rset.2021.100015.

ßerem Umfang genutzt werden soll. Während die Nutzung von Biomasse flächenintensiv ist, führt der Import zu neuen Abhängigkeiten und ist energie- und ressourcenintensiv. ¹⁴ Folglich ist die Unabhängigkeit von Energieimporten und Biomassenutzung größer, je geringer die Energienachfrage ist (*Abbildung 2*). Je stärker also der Verbrauch sinkt, desto weniger Druck muss auf den Import von Energie(trägern) ausgeübt werden. In der Mitte dieses Jahrhunderts – das Zieljahr der analysierten Transformationsstudien

14 Vgl. Anna Skowron/Joachim Fünfgelt, Regulating the H₂ype: Renewable Hydrogen in the Global South. Policy Brief, Hamburg 2021, www.worldfuturecouncil.org/wp-content/uploads/2021/09/WFC-policy-brief-hydrogen.pdf; Deutsche Rohstoffagentur, DERA Rohstoffliste 2021, Berlin 2021, www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-49.pdf?__blob=publicationFile.

variiert von 2045 bis 2050 – summiert sich der Endenergieverbrauch in der ambitioniertesten Studie (Umweltbundesamt) auf nur noch 40 Prozent des heutigen Niveaus.

Eine weitere diskutierte Option ist, Technologien für Negativemissionen zu nutzen, beispielsweise Carbon Capture and Storage (CCS), also die Abscheidung und Speicherung von CO₂ im Untergrund. Doch hier bestehen nicht nur hohe Unsicherheiten bezüglich der Kosten und der Marktreife, manche der verfügbaren Technologieoptionen sind zusätzlich sehr energieintensiv. ¹⁵ Der Weltklimarat bestätigt, dass das Erreichen der Klimaziele zwingend eine Strategie der Ener-

15 Vgl. Pete Smith et al., Biophysical and Economic Limits to Negative CO₂ Emissions, in: Nature Climate Change 6/2015, S. 42–50, https://doi.org/10.1038/nclimate2870.

gieeinsparung benötigt, um den Einsatz solcher Technologien auf ein moderates Maß zu begrenzen. ¹⁶ Dies sollten insbesondere Bereiche sein, die nicht anders treibhausgasneutral gestaltet werden können, wie manche Industrieprozesse.

In seinem jüngsten Bericht macht der IPCC deutlich, dass nicht nur der Energieverbrauch an sich sinken muss, sondern auch die Aktivitäten, die Energie verbrauchen. Insofern erteilt der Bericht eine Absage an diejenigen, die glauben, die Emissionen allein durch Effizienzgewinne und die Nutzung erneuerbarer Energien reduzieren zu können.¹⁷ Eine Verringerung des Energieverbrauchs durch reduzierte energieintensive Aktivität: Das ist Suffizienz. Diese Strategie ist in der Regel schnell, kosteneffizient und risikoarm, wie das Beispiel von Geschwindigkeitsbegrenzungen oder die Ausweisung autofreier Zonen zeigt. Solche nicht-technischen Optionen sind grundsätzlich mit weniger Umweltrisiken behaftet¹⁸ und deutlich kosteneffizienter¹⁹ als technologieorientierter Klimaschutz.

Zudem bezieht die Suffizienzstrategie die planetaren Grenzen per Definition mit ein und ist damit eine Lösungsoption, die zur Erreichung mehrerer gesellschaftlicher Ziele parallel beiträgt. Dies trifft nicht nur auf langfristige Ziele zu. Auch der aktuelle Fokus auf die Resilienz des Energiesystems – die Widerstandsfähigkeit gegen externe Schocks – verdeutlicht, dass Energiesparen ein Hauptpfeiler zur Energieunabhängigkeit ist.

ENERGIESUFFIZIENZ KONKRET

Während die Notwendigkeit einer Integration von Suffizienzstrategien deutlich geworden ist, zeigt der folgende Abschnitt auf, wie Energiesuffizienz in der Praxis umsetzbar ist. Dazu blicken wir auf Langzeitszenarien für Deutschland, kurzfristige Krisenstrategien und weite-

- **16** Vgl. IPCC, Figure SPM.3b. Characteristics of Four Illustrative Model Pathways, 2018, www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/spm-c/spm3b.
- 17 Vgl. IPCC (Anm. 4), S. 12.
- **18** Vgl. Gibran Vita et al., The Environmental Impact of Green Consumption and Sufficiency Lifestyles Scenarios in Europe: Connecting Local Sustainability Visions to Global Consequences, in: Ecological Economics Jg. 164/2019, S. 106322, https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.002.
- 19 Vgl. Elmar Zozmann et al., The Potential of Sufficiency Measures to Achieve a Fully Renewable Energy System A Case Study for Germany, in: arXiv, 1.9.2021, https://doi.org/10.48550/arXiv. 2109.00453.

re Einzelbeispiele. Die Beobachtung der (jüngeren) Vergangenheit zeigt: Suffizienz wird in der Energiepolitik, in Energieszenarien und -modellen immer ernsthafter diskutiert und einbezogen.

Klimaneutralitätsstudien

Wie in Abbildung 1 gezeigt, ist die Senkung des Energieverbrauches eine Annahme der meisten Langfristszenarien für Deutschland. Vorwiegend wird davon ausgegangen, dass der Großteil der Verbrauchsminderungen durch Energieeffizienz erzielt wird. Das ambitionierteste Szenario "GreenSupreme" des Umweltbundesamtes deutet jedoch auch auf eine Entwicklung der Suffizienz hin. Es rechnet etwa damit, dass die Verkehrsleistung im Personenverkehr um fast 20 Prozent sinkt, die Automobilnutzung um etwa 35 Prozent zurückgeht, die durchschnittliche Pro-Kopf-Wohnfläche um ungefähr 9 Prozent und der Materialverbrauch pro Kopf um etwa 66 Prozent. Angenommen werden unter anderem eine Vermeidungsstrategie im Verkehrssektor durch eine Stadt der kurzen Wege und massive Änderungen im Mobilitätsverhalten, weniger Flugreisen (innerdeutsch ab 2050 keine mehr), eine mittlere Innentemperatur von 19 Grad Celsius, eine modulare Bauweise, der Umbau von Altbauwohnungen und Einfamilienhäusern oder auch die längere Nutzung von Elektrogeräten.²⁰

Solche optimistischen Studien sollen aufzeigen, wie Klimaneutralität erreicht werden kann, und dienen damit primär der Politikberatung. Die hier beschriebenen Maßnahmen sind in Europa jedoch bisher eher eine Seltenheit. In einer Analyse der offiziellen Strategien der EU-Mitgliedstaaten bis zum Jahr 2030 und bis zum Jahr 2050 konnte nachgewiesen werden, dass die Suffizienzstrategie im Gegensatz zu den Strategien Effizienz und Konsistenz unterrepräsentiert ist.²¹

Die meisten Politikinstrumente, die von den EU-Mitgliedstaaten umgesetzt werden, betreffen den Mobilitätssektor, so zum Beispiel die Förderung des ÖPNV und Radverkehrs, um Alternativen zum motorisierten Individualverkehr auszubauen. Diese Beispiele lassen sich als Substitution

- 20 Vgl. Monika Dittrich et al., Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland GreenSupreme. Abschlussbericht, Umweltbundsamt, Climate Change 05/2020, www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-greensupreme.
- 21 Vgl. Zell-Ziegler et al. (Anm. 1).

einer Fortbewegungsart durch eine andere charakterisieren. Politikinstrumente, die auf eine absolute Reduktion der Mobilität oder in anderen Sektoren auf eine Verringerung des Konsums von Produkten und Dienstleistungen zielen, sind sehr selten zu finden. Ein gelungenes Beispiel ist die Förderung von Homeoffice zur Vermeidung von Arbeitswegen während der Corona-Pandemie.²²

Kurzfristige Suffizienzpolitiken

Um die Importabhängigkeit im Zuge des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine zu reduzieren, geraten derzeit viele (EU-)Regierungen unter Druck, schnell Strom und vor allem Gas zu sparen. Das Ziel ist es, den Energiebedarf um 15 bis 20 Prozent zu reduzieren. Deutschland hat vor diesem Hintergrund immer mehr Politikinstrumente für Energiesuffizienz implementiert, diese allerdings teilweise temporär befristet.²³ Beispiele dafür sind:

- eine Multimedia-Kampagne, um über Optionen zu Energieeinsparungen in der Bevölkerung und in der Wirtschaft zu informieren;
- die Aussetzung der Verpflichtung für Mieter:innen, ihre Wohnungen auf eine Mindesttemperatur heizen zu müssen;
- ein stark vergünstigtes ÖPNV-Ticket (Neun-Euro-Ticket), das Mobilität für alle gewährleisten sollte und in den Monaten Juni bis August 2022 galt;
- ein temporäres Verbot, Korridore, Hallen, Foyers und Technikräume, die in öffentlichen Gebäuden und Büros nur sporadisch genutzt werden, zu heizen;
- ein Verbot, private Swimmingpools mit fossilen Energieträgern zu beheizen;
- 22 Vgl. Julia Brandes/Anja Umbach-Daniel/Carsten Nathani, Anreize für Energiesuffizienz: Learnings aus der Coronakrise, Literaturstudie zuhanden der Schweizerischen Energie-Stiftung, Rüschlikon 2020.
- 23 Vgl. Benjamin Best, Suffizienzansätze in der nationalen Energie- und Klimapolitik in Deutschland. Kurzanalyse, Duisburg 2022, https://regierungsforschung.de/wp-content/uploads/2022/05/11052022_regierungsforschung.de_Best_Energiesuffizienz.pdf.

- ein Verbot der Nutzung von Boilern und Durchlauferhitzern für die Warmwasserbereitung in öffentlichen Einrichtungen;
- eine temporäre maximale Raumtemperatur von 19 Grad Celsius für öffentliche Einrichtungen;
- ein Verbot der Beleuchtung von Gebäuden und Monumenten, die rein repräsentative oder ästhetische Funktionen haben;
- die Abschaltung von Leuchtreklame im Außenbereich zwischen 22 und 16 Uhr;
- Unternehmen mit einem Energieverbrauch von 10 Gigawattstunden pro Jahr oder mehr müssen wirtschaftliche Einsparmaßnahmen umsetzen;
- die Entwicklung von Austauschformaten zwischen den Bundesministerien für Arbeit und Soziales, für Wirtschaft und Klimaschutz sowie der Sozialpartner, um weitere Optionen für Energieeinsparungen zu eruieren.

Dass in den vergangenen Wochen und Monaten händeringend nach Möglichkeiten zur kurzfristigen Energieeinsparung gesucht wurde, zeigt, welche geringe Rolle der Energieverbrauch bisher gespielt hat. Energie war immer vorhanden und erschwinglich, sodass keine Notwendigkeit für Einsparungen bestand. Dies führt zu absurden Situationen, wie beispielsweise, dass Leuchtreklame sogar nachts in geschlossenen U-Bahnhöfen einfach weiterläuft – pro Jahr entspricht das bei einem großen U-Bahnhof dem Stromverbrauch von 16 Vier-Personen-Haushalten.²⁴

Im Zuge des Krieges in der Ukraine und der steigenden Energiepreise wird seit Langem wieder darüber nachgedacht, welcher Energiekonsum wirklich ein Grundbedürfnis und welcher eine unnötige Verschwendung ist. Es wird ferner darüber diskutiert, wie unsere derzeitigen Anreizsysteme funktionieren beziehungsweise eher nicht funktionieren: Bei einem hohen Energiekonsum bekommt man bislang einen Mengenrabatt in Form von vergünstigten Tarifen. Diese Praxis

24 Vgl. Hannes Koch, Forscher übers Energiesparen: "Heizperiode um vier Wochen kürzen", 28.6.2022, https://taz.de/!5861090/.

Tabelle: Vorschläge für Suffizienz-Politikinstrumente für verschiedene Sektoren und Wirkungshorizonte

SEKTOR	WIRKUNGS- HORIZONT	POLITIKINSTRUMENT
Gebäude	Kurzfristig	Finanzielle Anreize für die dauerhafte Untervermietung eines Raums oder Teil des Hauses (nicht an Touristen), um den Wohnraum effi- zienter zu nutzen
	Mittelfristig	Möglichkeit zum Wohnungstausch in eine für beide Parteien (flächenmäßig) bedarfsgerechte Wohnung ohne damit einhergehende Mieterhöhung
	Mittelfristig	Monitoring und Nutzung von Leerstand und Aufstockungspotenzialen statt immer mehr Wohnungsneubau
Mobilität	Kurzfristig	Recht auf Homeoffice
	Kurzfristig	Günstiges und flexibel nutzbares ÖPNV-Ticket
	Mittelfristig	Anpassung der Straßenverkehrsordnung zur Deprivilegierung des moto- risierten Individualverkehrs und zur Förderung von aktiver und geteilter Mobilität
	Langfristig	Stadtplanung für eine "Stadt der kurzen Wege"
Industrie/ Produktion	Mittelfristig	Mindesthaltbarkeitsangabe für Produkte mit Garantieansprüchen
	Mittelfristig	Verpflichtende Angabe des ökologischen Fußabdrucks auf allen Produkten
	Mittelfristig	Verpflichtende Nachhaltigkeitsstandards für die in der Industrie genutzte importierte Energie
	Langfristig	Einführung einer Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie
Landnut- zung und Ernährung	Mittelfristig	Regulierung der maximalen Tierbestandsdichte je Hektar
	Mittelfristig	Angebot in öffentlichen Kantinen an Ernährungsempfehlungen anpassen, um tierische Produkte im Speiseplan zu reduzieren
	Langfristig	EU-weiter Emissionshandel für tierische Produkte und mineralischen Dünger
Sektor- über- greifend	Kurzfristig	Verbot von Werbung für klimaschädliche Produkte
	Kurz- bis mittelfristig	Abbau von umweltschädlichen Subventionen und Internalisierung von externen Kosten
	Langfristig	Energiesparen und Themen wie die Klimakrise in die Lehrpläne aufnehmen

Quelle: "European Sufficiency Policy Database" der Nachwuchsforschungsgruppe EnSu, https://energysufficiency.de/policy-database.

wird nun jedoch durch die Diskussion um den Strom- und Gaspreisdeckel infrage gestellt.

Viele der aufgezählten Maßnahmen der Bundesregierung sind zeitlich befristet. Um Energiesouveränität sowie die Klima- und Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, muss Energieeinsparung jedoch verstetigt werden, denn Klimaschutz darf – auch nach einem einschlägigen Verfassungsgerichtsurteil – nur sehr begrenzt auf nachfolgende Generationen verlagert werden.²⁵

Reduktion des Energieverbrauchs

Um Vertreter:innen aus Politik, Wissenschaft und Gesellschaft Ideen beziehungsweise konkrete Politikinstrumente zur strukturellen und langfristigen Senkung des Energieverbrauchs gebündelt zur Verfügung zu stellen, hat die Nachwuchsgruppe EnSu, basierend auf Literaturrecherche und der Einschätzung von Expert:innen, eine Datenbank für Suffizienzpolitiken mit Fokus auf Deutschland und Europa aufgebaut (*Tabelle*).²⁶ Diese ist ein lebendes Dokument, das kontinuierlich ergänzt wird.

Die Datenbank soll nach Möglichkeit noch mit Potenzialen in Bezug auf die Energie- und Emissionseinsparung erweitert werden. Klar ist, dass nachfrageseitige Optionen wie die bereits genannten einen signifikanten Beitrag zur Bekämpfung der Klimakrise leisten können. Der IPCC schätzt in seinem jüngsten Bericht, dass solche Maßnahmen die Treibhausgasemissionen global um 40 bis 70 Prozent bis 2050 reduzieren können. Verhaltensänderungen und der Umbau von Infrastruktur etwa für klimafreundliche Mobilität haben dabei einen großen Anteil. Hier bestehen deutschland- und europaweit einige bemerkenswerte Potenziale und Umsetzungsbeispiele:

- Die Verlängerung der Nutzungsdauer von nur vier Produktgruppen (TV, Notebooks, Smartphones und Waschmaschinen) könnte in Deutschland pro Jahr knapp 4 Millionen Tonnen CO₂ einsparen. Das ist so viel wie die Emissionen der Nutzung von 1,8 Millionen Pkw.²⁸
- 25 Vgl. Felix Ekardt/Katharine Heyl, The German Constitutional Verdict Is a Landmark in Climate Litigation, in: Nature Climate Change 8/2022, S. 697–699, https://doi.org/10.1038/s41558-022-01419-0; BVerfG, Order of the First Senate of 24 March 2021, 24.3.2021, www.bverfg.de/e/rs20210324_lbvr265618en.html.
- **26** Vgl. Carina Zell-Ziegler et al., European Sufficiency Policy Database [Datensatz], Energy Sufficiency Research Group, 2022, https://energysufficiency.de/policy-database.
- **27** Vgl. IPCC, Figure SPM.6. Indicative Potential of Demand-Side Mitigation Options by 2050, 2022, www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/figures/summary-for-policymakers/figure-spm-6.
- 28 Vgl. Ina Rüdenauer/Siddarth Prakash, Ökonomische und ökologische Auswirkungen einer Verlängerung der Nutzungsdauer von elektrischen und elektronischen Geräten Am Beispiel von Smartphones, Notebooks, Waschmaschinen, Fernsehgeräte und E-Bikes (Pedelecs), Freiburg/Br. 2020.

- Mit einem neuen Gesetz wird seit 2021 Werbung der Luftfahrtindustrie und von Unternehmen, die ihr Geschäft mit fossilen Energien machen, in Amsterdam verboten.
 Werbung für benzin- oder dieselbetriebene Fahrzeuge oder Flugreisen wurde damit zum stadtweiten Tabu.²⁹
- Prepaid-Stromtarife können in Deutschland zu jährlichen Energieeinsparungen von 13 bis 19 Prozent führen.³⁰
- Ein Tempolimit auf deutschen Autobahnen von 120 Stundenkilometern spart jährlich etwa 3 Millionen Tonnen CO₂.³¹
- Mit einem Tag Homeoffice für alle Arbeitnehmenden, wo es die Arbeitsprofile und Betriebsabläufe erlauben, lässt sich pro Jahr 1 Million Tonnen CO₂ in Deutschland einsparen.³²
- Würden in Frankreich je Wohnung 2,2 statt 2
 Personen leben, würden 3 Millionen weniger
 Wohnungen benötigt.³³
- Mit einer Erhöhung der Mehrwertsteuer auf tierische Produkte könnten deutschlandweit 1,8 bis 6,3 Millionen Tonnen Treibhausgase vermieden werden. Gleichzeitig würde dies zu Steuermehreinnahmen in Höhe von 4,3 bis 5 Milliarden Euro pro Jahr führen.³⁴
- 29 Vgl. Rosie Frost, France Becomes the First European Country to Ban Fossil Fuel Ads But Does the New Law Go Far Enough?, 24.8.2022, www.euronews.com/green/2022/08/24/france-becomes-first-european-country-to-ban-fossil-fuel-ads-but-does-the-new-law-go-far-e.
- **30** Vgl. Benjamin Best/Oliver Wagner, Prepaid-Strom per Smartphone, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 11/2020, S. 74–77.
- 31 Vgl. Umweltbundesamt, Kein Grund zur Lücke So erreicht Deutschland seine Klimaschutzziele im Verkehrssektor für das Jahr 2030, Position, November 2019.
- **32** Vgl. Öko-Institut e.V., Homeoffice trägt zum Klimaschutz bei, 23.2.2022, www.oeko.de/presse/archiv-pressemeldungen/presse-detailseite/2022/homeoffice-traegt-zum-klimaschutz-bei.
- **33** Vgl. Association négaWatt, La transition selon négaWatt. Partie 4: le scénario en détail, Valence 2022, www.negawatt.org/IMG/pdf/scenario-negawatt-2022-rapport-complet-partie4.pdf.
- **34** Vgl. Rafael Postpischil et al., Ökologische Finanzreform: Produktbezogene Anreize als Treiber umweltfreundlicher Produktions- und Konsumweisen. Reformvorschläge für die Mehrwertsteuer, Abschlussbericht, Bundesumweltamt, Texte 38/2022.

DISKUSSION UND FAZIT

Um energiesuffizientes Verhalten zu ermöglichen, steht eine breite Palette an Politikinstrumenten und Vorschlägen zur Verfügung. Jedoch sind passende Rahmenbedingungen für die Umsetzung essenziell: Zum einen braucht es finanzielle Anreize, denn energiesparendes Verhalten sollte günstiger sein als ein Verhalten mit hohem Energieverbrauch. Das bedeutet auch, dass bestehende Fehlanreize wie Subventionen für fossile Energieträger wie beispielweise Diesel oder die Pendler:innenpauschale, die weite Wege zur Arbeit finanziell unterstützt, abgeschafft werden müssen. Zum anderen muss eine Infrastruktur gewährleistet werden, die nachhaltiges und energiesparsames Verhalten vereinfacht und zum Normalfall macht. Zudem braucht es eine Politik. die nicht vor Verboten zurückschreckt, sondern das Ordnungsrecht als zukünftige Gestaltungsoption stärker in Betracht zieht.35

Die Effekte der Energiesuffizienz gehen dabei über die Bereiche Energieversorgung und Klima hinaus: Ein generelles Tempolimit auf Autobahnen würde beispielsweise die "Vision Zero", die Vermeidung von Verkehrstoten, sehr unterstützen. Diese Maßnahme ist in Deutschland politisch aber immer noch nicht durchsetzbar und wurde zuletzt vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr abgelehnt.

Besonders im Bereich Gesundheit werden die multiplen Vorteile von Suffizienzmaßnahmen deutlich: Aktive Mobilität wie Fahrrad fahren oder zu Fuß gehen ist sehr förderlich für die Gesundheit, motorisierter Verkehr führt hingegen zu Luftverschmutzung und Lärm. Ein Blick über den nationalen Tellerrand hinaus zeigt, dass durch energieintensives Verhalten die Lebensbedingungen anderer Menschen verschlechtert und eingeschränkt werden. Die Klimakrise trifft vor allem arme Menschen sowie Menschen in Entwicklungs- und Schwellenländern. Die Auswirkungen des Rohstoffabbaus verstärken diese Tatsache. Daran wird deutlich, dass Verbote klimaschädlicher Praktiken zur Freiheit anderer Menschen beitragen können.36

Die Chancen, die eine durchdachte Suffizienzpolitik bietet, können Anreiz sein, nicht nur kurzfristige Maßnahmen während einer Krise zu ergreifen, sondern eine langfristige Transformation hin zu einer suffizienzorientierten Gesellschaft anzustoßen. Im Gegensatz zu den autofreien Sonntagen und anderen Maßnahmen während der Ölpreiskrise in den 1970er Jahren sollten die während der Corona-Pandemie und während des Krieges in der Ukraine ergriffenen Suffizienzmaßnahmen verstetigt und in eine breitere Nachhaltigkeitsstrategie eingebettet werden, die neben den Klimazielen auch weitere ökologische und soziale Ziele enthält. So kann Krisenfestigkeit auch auf lange Sicht gewährleistet werden.

BENJAMIN BEST

ist Projektleiter am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie und leitet die Forschungsgruppe "EnSu – Die Rolle von Energiesuffizienz in Energiewende und Gesellschaft". Seine Forschungsschwerpunkte sind Legitimität und Policy Mixes für Energiesuffizienz.

benjamin.best@wupperinst.org

CARINA ZELL-ZIEGLER

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Öko-Institut in Freiburg im Breisgau. Sie beschäftigt sich aktuell mit dem Thema Energiesuffizienz, insbesondere dessen Potenzialen, politischer Instrumentierung und Integration in die Energiesystemmodellierung. c.zell-ziegler@oeko.de

³⁵ Vgl. Philipp Lepenies, Verbot und Verzicht. Politik aus dem Geiste des Unterlassens, Berlin 2022.

³⁶ Vgl. Wiese et al. (Anm. 3).

POTENZIAL WASSERSTOFF

Energiesystem der Zukunft?

Sylvia Schattauer

Wasserstoff als "Energiespeicher der Zukunft" oder gar "Klimaretter"? – die Hoffnungen auf einen Ausweg aus Klima- und Energiekrise durch Wasserstofftechnologien sind groß. Doch warum eigentlich Wasserstoff? Was kann er, was kann er nicht? Und was ist notwendig, um ihn einzusetzen? In diesem Beitrag werden die Potenziale des neuen Hoffnungsträgers ausgelotet, nicht nur in technischer Hinsicht, sondern auch mit Blick auf zukünftige Aspekte der Markt- und Preisgestaltung.

EIGENSCHAFTEN, GEWINNUNG, NUTZUNG

Wasserstoff ist das chemische Element mit der geringsten Atommasse und kommt am häufigsten vor; sein Anteil an allen Stoffen im Universum, der sogenannte Massenanteil, beträgt etwa 70 Prozent. Dieser ist auf der Erde mit 0,03 Prozent deutlich geringer,⁰¹ und Wasserstoff liegt als natürliches Vorkommen überwiegend gebunden beispielsweise in Wasser, aber auch in Erdgas wie Methan oder in Erdöl vor. Um den Wasserstoff aus diesen Bindungen abzuspalten, ist Energie notwendig. Die Gewinnung aus fossilen Energiequellen erfolgt großtechnisch über Dampfreformierung (steamreforming) aus Erdgas oder über die partielle Oxidation von Erdöl oder Raffinerierückständen. Da bei beiden Verfahren Kohlendioxid als Nebenprodukt entsteht, wird das Produkt umgangssprachlich auch als "grauer Wasserstoff" bezeichnet. Die klimaneutrale Alternative ist die Herstellung mittels Elektrolyse, das heißt die Zerlegung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff mithilfe elektrischen Stroms. Hierbei gibt es unterschiedliche technologische Ansätze mit unterschiedlichen Wirkungsgraden, etwa alkalische Elektrolyseure (AEL), Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyseure (PEM) oder Hochtemperatur-Elektrolyseure (HTEL).

Wasserstoff bietet einen entscheidenden Vorteil: Er ist speicherbar. Im Druckspeicher wird er unter hohem Druck (bis zu 800 bar) zum Beispiel in Kunststoffbehältern gelagert. Aufgrund des geringen Gewichts ist dieser Speicher gut für kleine Mengen geeignet und findet beispielsweise bei Fahrzeugtanks Anwendung. Größere Mengen lassen sich verflüssigt (LH2) und unter Umgebungsdruck bei tiefen Temperaturen (Siedepunkt -252,8 Grad Celsius) lagern und transportieren, wobei Verflüssigung und Kühlung energetisch mitberücksichtigt werden müssen. Die Möglichkeiten der reversiblen02 wie irreversiblen⁰³ chemischen Bindung bieten weitere Optionen für Langstreckentransporte. Zusätzlich kann der Transport über Pipelines erfolgen. Diese werden bereits für den Transport von Wasserstoff in industriellen Produktionsanalgen bis zu einer Entfernung von 200 Kilometern genutzt. Auch die Beimischung im Erdgasnetz ist möglich, hierbei ist jedoch immer der anvisierte Einsatzbereich von Wasserstoff zu berücksichtigen, da er zum Beispiel für die notwendige Qualität im Mobilitätssektor besonders aufbereitet werden muss.

Auch die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten sind ein Grund für das gesteigerte Augenmerk auf das Element Wasserstoff. Hierbei gilt es zunächst, zwischen der stofflichen und der energetischen Verwendung zu unterscheiden. Stofflich kommt das Element in der chemischen Industrie zum Einsatz, um unverzichtbare Grundstoffe wie Ammoniak oder Methanol zu erzeugen, und im Bereich der Raffinerien, um Rohöl zu verarbeiten - beides Einsatzgebiete mit jahrzehntelanger Tradition, die ein großer Wirtschaftsfaktor für Deutschland sind. In der energetischen Nutzung liegt zusätzlich ein hohes Potenzial. So besteht die Möglichkeit, die Erzeugung durch Elektrolyse umzukehren und mittels Brennstoffzellensystemen Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O₂) chemisch direkt in elektrische Energie umzuwan-

deln. Die Umkehrung spart Verbrennungsprozesse, bei denen thermische Energie zunächst in mechanische Arbeit umgewandelt und erst anschließend im Generator Strom erzeugt wird. Für das Prinzip der Rückverstromung gibt es, analog zur Elektrolyse, unterschiedliche technologische Ansätze, die sich im Reifegrad und im Einsatzverhalten unterscheiden. Die Bandbreite reicht von alkalischen Brennstoffzellen, Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen bis zu Hochtemperatur-Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen oder auch Direktmethanol-Brennstoffzellen und Phosphorsäure-Brennstoffzellen. Die Einsatzgebiete der Rückverstromung liegen im Bereich der Energieversorgung und werden in Blockheizkraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie für die autarke und unterbrechungsfreie Stromversorgung genutzt. Aber auch im Bereich der Antriebstechnik ist Wasserstoff eine nachhaltige Alternative zu fossilen Brennstoffen und steht in der Mobilität an Land, zu Wasser und in der Luft vor dem Sprung vom experimentellen Betrieb zum serienmäßigen Einsatz.

Wasserstoff ist also keine Energiequelle wie Erdöl, Wind oder Sonnenenergie, sondern ein Energiespeicher. Darüber hinaus kann Wasserstoff klimaneutral hergestellt werden, lässt sich leicht transportieren, vielfältig einsetzen, und bei seiner Verwendung entstehen keine Schadstoffe. Mit diesen Voraussetzungen wird Wasserstoff zukünftig ein wesentlicher Baustein für die Transformation in Richtung einer klimaneutralen Volkswirtschaft sein. Er ist durch die unterschiedlichen Herstellungs- und Verwendungsmöglichkeiten essenziell sowohl für den Umbau des Energiesystems in Richtung Speicherbarkeit der volatil erzeugten erneuerbaren Energien als auch im Rohstoffeinsatz für die "Dekarbonisierung" oder "Defossilisierung" der Industrie.⁰⁴ Folglich ist der Aufbau einer sektorenübergreifenden und nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft

einer der entscheidenden Bausteine zur Erreichung der Klimaziele bis 2045 - national, europaweit und global.05 Um die Treibhausgasemissionen nachhaltig zu reduzieren, ist mittel- und langfristig die Entwicklung zu "grünem Wasserstoff" notwendig, bei dessen Erzeugung der Strom ausschließlich aus erneuerbaren Energien stammt. Über grünen Wasserstoff und elektrischen Strom aus erneuerbaren Energiequellen können in Zukunft viele chemische Stoffwandlungen in der Grundstoffindustrie klimaneutral betrieben und das Stromnetz entlastet werden. Durch die Kombination der Ausgangsstoffe Kohlendioxid und Wasserstoff mit grünem Strom lassen sich schon heute immer mehr Stoffwandlungsprozesse klimaneutral betreiben,06 wobei auch eine immer größere Menge Kohlendioxid recycelt werden kann.⁰⁷ Zukünftig muss demnach auch eine Wertschöpfungskette für den Kohlenstoffkreislauf aufgebaut werden.

Der Weg zu einer klimaneutralen Volkswirtschaft unter Sicherstellung der Versorgungssicherheit und regionaler Wertschöpfung ist jedoch kein Selbstläufer. Der Handlungsdruck nimmt auf der einen Seite zwar zu, auch bedingt durch unerwartete Einflüsse wie die Gaskrise und die damit verbundenen neuen globalen Weichenstellungen. Auf der anderen Seite sorgen rein wirtschaftliche Interessen mit Blick auf die globale Energiesituation für einen enormen Zuwachs bei fossilen Energiequellen wie Öl und Kohle. Die Transformation deutlich zu beschleunigen, ist derzeit not-

⁰¹ Vgl. William McDonough/Shensu Sun, The Composition of the Earth, in: Chemical Geology 3–4/1995, S. 223–253.

⁰² Gemeint sind flüssige organische Wasserstoffspeicher, beispielsweise Dibenzyltoluol.

⁰³ Gemeint sind chemische Verbindungen wie Methanol, Methan und Ammoniak.

⁰⁴ "Dekarbonisierung" bezeichnet die Reduzierung des Einsatzes von Kohlenstoff, um eine dauerhafte kohlenstofffreie Wirtschaft im Rahmen der Energiewende zu schaffen. "Defossilisierung" bezeichnet die Reduzierung des Einsatzes von fossilen Energieträgern und Ersatz durch regenerative Alternativen.

⁰⁵ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Nationale Wasserstoffstrategie, Berlin 2020, www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/die-nationale-wasserstoffstrategie. pdf?__blob=publicationFile&v=1; Europäische Kommission, A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe, COM (2020) 301 final, Brüssel 2020, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301; Europäische Kommission, Der europäische Grüne Deal, COM (2019) 640 final, Brüssel 2019, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN; International Energy Agency (IEA), The Future of Hydrogen: Seizing Today's Opportunities, 2019.

⁰⁶ Vgl. Anton Wiebe et al., Elektrifizierung der organischen Synthese, in: Angewandte Chemie 20/2018, S. 5694–5721; Matthew C. Leech et al., Organic Electrosynthesis: From Academia to Industry, in: Reaction Chemistry & Engineering 5/2020, S. 977–990.

⁰⁷ Vgl. George A. Olah/Alain Goeppert/G. K. Surya Prakash, Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy, Weinheim 2018³; Alain Goeppert et al., Recycling of Carbon Dioxide to Methanol and Derived Products – Closing the Loop, in: Chemistry Society Reviews 23/2014, S. 7995–8048.

wendiger denn je, da neben den Klimazielen nunmehr auch Aspekte der Versorgungssicherheit verstärkt zu berücksichtigen sind.

Der verfügbare Zeitraum hat sich aktuell deutlich verengt. Es ist daher wichtig, Innovationen noch stärker voranzutreiben, auch wenn sie nur bedingt zu den tagesaktuell benötigten Lösungen zur Sicherung der Energieversorgung beitragen. Windenergieanlagen, Elektrolyseure oder Pipelines werden zumindest in Deutschland nicht über Nacht installiert. Eine ganzheitliche Wasserstoffwertschöpfungskette, bei der die einzelnen Teilaspekte nicht grundlegend entwickelt, aber an eine industrielle Nutzung angepasst werden müssen, kann ebenfalls nicht kurzfristig etabliert werden. Es hätte in den vergangenen Jahren deutlich mehr Engagement bedurft, um den Übergang von der Forschung in die industrielle Anwendung zu fördern. Treiben wir die Weiterentwicklung und Marktetablierung der Wasserstoffwertschöpfungskette jetzt umfangreich voran, wird diese mittel- und langfristig nationale und globale Lösungen im Bereich der Klimaproblematik wie der Versorgungssicherheit bieten. Die Zukunft besteht nicht aus einer einzigen Lösung, sondern aus einer Kombination aus Technologieoffenheit und -diversität, gepaart mit Planungssicherheit und Umsetzungswillen.

WASSERSTOFFMARKT UND INDUSTRIELLE ANWENDUNG

Zurzeit ist der Markt für klimaneutralen Wasserstoff noch überschaubar. 2020 lag der deutschlandweite Einsatz mit etwa 1,1 Millionen Tonnen pro Jahr nahezu vollständig im Bereich der chemischen Industrie und basierte auf grauem, also aus Erdgas gewonnenem Wasserstoff. Eine eigene Wasserstoffbranche, analog zu Wind- und Solarenergie, gibt es derzeit noch nicht. Erzeugt und verteilt wird der Wasserstoff über Produzenten von technischen Gasen wie Linde oder Airliquide sowie durch die chemische Industrie in Selbsterzeugung innerhalb der Prozessketten.

Die Industrie insgesamt und die chemische Industrie im Besonderen stehen nun vor der großen Herausforderung, fossile Eingangsstoffe und Energieträger auf klimaneutrale Alternativen umzustellen. So ist nicht nur die Verfügbarkeit zu gewährleisten, auch die Herausforderungen innerhalb der chemischen Prozessketten sind zu beachten, wie etwa die Anpassung von zum Teil

seit Jahrzehnten etablierten, industriellen Prozessen mit hohen Wasserstoffbedarfen wie die Methanol- und Ammoniaksynthesen. Zudem gilt es, völlig neue Technologien und industrielle Prozesse für die Defossilisierung der chemischen Industrie zu entwickeln. Beide werden zukünftig einen entsprechend hohen Zusatzbedarf an klimaneutralem Wasserstoff entwickeln. Auch die Stahlindustrie steht vor der technologischen Herausforderung, die aktuellen Hochofentechnologien auf alternative Technologien zur Erzeugung klimaneutralen Stahls umzustellen.08 Analog zur chemischen Industrie besteht der Handlungsbedarf zum einen mit Blick auf die Verfügbarkeit von klimaneutralem Wasserstoff, zum anderen mit Blick auf den Umbau der technologischen Prozesse. Dabei ist auch aus ökonomischer Sicht auf den Erhalt und den Aufbau zukunftsfähiger Wirtschaftszweige zu achten.

Die zukünftigen Bedarfe der Industrie an klimaneutralem Wasserstoff zur Umsetzung der jeweiligen Dekarbonisierungsstrategien bereits beziffert und gehen von einem stetig steigenden Bedarf ab 2026 aus. Bereits im Jahr 2030 soll sich der jährliche Bedarf allein in Deutschland auf über 3 Millionen Tonnen und im Jahr 2050 auf über 18 Millionen Tonnen summieren, 09 verbunden mit der Annahme, dass alle Sektoren wie die chemische Industrie, die Stahlbranche, der Mobilitätssektor und auch der Wärmemarkt ihren CO2-Fußabdruck mithilfe klimaneutralen Wasserstoffs vollständig oder teilweise minimieren. Eine Anpassung der Wasserstoffproduktion, der dazugehörigen Elektrolyse-Technologie und der Transportlogistik sind unter anderem aus ökonomischer Sicht von essenzieller Bedeutung für die Dekarbonisierung der Industrie. Um dies im anvisierten Zeitraum zu erreichen, stehen wir als Gesellschaft vor der Herausforderung, alle Glieder der aktuell nur marginal vorhandenen Wertschöpfungskette gleichzeitig aufzubauen und diese auch marktfähig zu etablieren. Im Hinblick auf den Aufbau zukünftiger globaler Energie- sowie Wasserstofflieferungspartnerschaften ist dies eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, die deutlich über die Landesgrenzen hinausweist. Wenngleich

⁰⁸ Beispielsweise durch wasserstoffbasierte Direktreduktion des Eisenerzes und das Einschmelzen mit elektrischer Energie im Lichtbogenofen.

⁰⁹ Vgl. AG industrielle Anwendungen des Nationalen Wasserstoffrats, Analyse Branchenbedarfsermittlung, 2021.

– vor allem mit Blick auf die deutsche Industrie – der Aufbau von regionalen Strukturen einer der ersten wichtigen Schritte ist, wird die notwendige Aufbauarbeit insgesamt noch eine Menge Experimente erfordern, sei es im Zusammenspiel von Ausbau der regenerativen Energien und Produktion oder von Speicherung und Transport von Wasserstoff. Schlussendlich werden diese Maßnahmen dazu beitragen, Wasserstoff wirtschaftlich einzusetzen, die Klimaziele zu erreichen und Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Wird der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft ganzheitlich entlang der Wertschöpfungsketten, also ökologisch, wirtschaftlich nachhaltig und sektorübergreifend betrieben, können über die Technologieentwicklung neue Märkte und Exportpotenziale erschlossen werden. Gelingt es zum Beispiel, die Offshore-Windenergie an den europäischen Küsten zu nutzen, um Wasserstoff und Kohlendioxid aus dem Seewasser zu gewinnen, Synthesegase herzustellen und die entsprechenden Energie- und Stoffströme mit denen der Grundstoffindustrie, des Kunststoffrecyclings und der sich schnell entwickelnden industriellen Bioökonomie zu kombinieren, würde dies einen entscheidenden Weg zur Umstellung der Chemie- und Grundstoffindustrie auf ressourceneffiziente und klimaneutrale Prozesse eröffnen.¹⁰ Die Offshore-Wasserstoffproduktion steht am Anfang und ist, um das Ziel einer kostengünstigen Produktion von Wasserstoff zu erreichen, mit entsprechenden Forschungs- und Entwicklungsaufgaben konfrontiert, dafür aber sehr vielversprechend.

PREISGESTALTUNG, FERTIGUNGSKAPAZITÄTEN UND TRANSPORTSTRATEGIEN

Zur Etablierung einer grünen Wasserstoffwirtschaft wird es entscheidend sein, wie die Preise für die Erzeugung des Wasserstoffs gestaltet werden. Dies ist abhängig vom eingesetzten Energieträger (grüner Strom für grünen Wasserstoff), den Investitionskosten für die Umwandlungsanlagen (Elektrolyseure samt vor- und nachgelagerter Infrastruktur) sowie der Verfügbarkeit und Auslastung der Umwandlungsanlagen (Volatilitätsrisi-

ko) inklusive Speicher- und Transportstrategien. Grauer Wasserstoff bildet aktuell den Vergleichsmaßstab, wobei die Entwicklung stark von politischen Entscheidungen abhängig sein wird. Bei der Preisentwicklung wird aber auch die Abhängigkeit von erheblichen Innovationsfortschritten im Bereich der Herstellung, des Transportes und der Konversion der Anwendungsbereiche (Stahlerzeugung, chemische Industrie, Mobilität und Wärme) deutlich. Relevant sind im Bereich des grünen Wasserstoffs vor allem die Bereitstellung der Elektrolyseure, die regenerative Stromerzeugung und die verfahrenstechnische Umstellung der Derivatherstellung. Diese Aspekte der Wasserstoffwertschöpfungskette gilt es, zügig und gleichzeitig auf- und auszubauen. Hierbei ist auch ein schneller Transfer von Forschungsergebnissen hin zur industriellen Implementierung entscheidend.

Die gute Nachricht ist: Die notwendigen Basistechnologien entlang der Wertschöpfungskette sind vorhanden. Wind- und Sonnenenergie sind etabliert, sollten aber neben dem Direktverbrauch im Energiesystem massiv ausgebaut werden. Allein für die Nutzung des volatilen Überangebots ist die Speicherung der regenerativen Energie in Form von Wasserstoff ein Schritt nach vorn. Aber für sich genommen ist dieses Verfahren weder unter den aktuellen Rahmenbedingungen derzeit wirtschaftlich betreibbar noch können die dabei erzeugten Mengen den industriellen Bedarf langfristig decken. Bei der Kopplung und Umsetzung der Wasserstoffprozesskette ist zudem noch Pionierarbeit zu leisten. Eine Windenergieanlage mit einem Elektrolyseur zu koppeln und eine Wasserstofftankstelle zu versorgen, ist technologisch möglich und auf dem Papier leicht darstellbar. Für die praktische Umsetzung sind jedoch Zwischenschritte notwendig, die sich auch rechnen müssen: von der Genehmigung über die Beschaffung sowie die Detailkonzipierung von Stromkabel, Transformator und Wasserstoffspeicher bis zur Aufreinigung. Dies erschwert es aktuell, mögliche Strategien für den Markteinstieg mit den notwendigen massiven Investitionsentscheidungen zu untersetzen und regionale Konzepte, auch unter dem Aspekt der Versorgungssicherheit, zügig anzugehen. Daraus resultiert, dass sich zwar weltweit durchaus Projekte zum Aufbau von Elektrolysekapazitäten im mehrstelligen Gigawatt-Bereich in der Konzeptphase befinden, von denen auch für etwa 25 Prozent eine Mach-

¹⁰ Vgl. Partnerkonsortium H₂Mare, Leitprojekt der Bundesregierung 2021–2025, www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2mare.

barkeitsstudie erfolgt ist, sich aktuell jedoch lediglich etwa 500 Megawatt installierte Leistung im Betrieb befinden. Verbunden mit der Zielsetzung der Bundesregierung aus dem "Osterpaket" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz, in Deutschland 2030 eine Leistung von 10 Gigawatt Elektrolysekapazität installiert zu haben, wird die Dringlichkeit regionaler Umsetzungsstrategien deutlich. Der lange Weg der Fördermittelbeantragung und umständliche Genehmigungsverfahren stehen schnellen Schritten entgegen. Zudem muss das Problem der Verfügbarkeit aller erforderlichen Komponenten in entsprechenden Mengen und Preisen zügig angegangen werden.

Ein Blick auf die Verfügbarkeit von Elektrolyseursystemen macht einen Teil der Herausforderung deutlich. Aufgrund der aktuell geringen Marktnachfrage werden Elektrolyseure meist projektbezogen und in kleinen Stückzahlen hergestellt. Es gibt nur wenige Lieferketten, und diese sind nur fragmentiert ausgeprägt. Investitionen der involvierten Unternehmen erfolgen zögerlich, da Unsicherheiten bezüglich Zeitpunkt, Geschwindigkeit und Umfang der Etablierung in den Energiemarkt bei derzeit noch geringer Nachfrage bestehen. Somit gibt es heute wenige Produktionstechnologien und Kapazitäten, die für eine hochratenfähige Fertigung unter den Gesichtspunkten Standardisierung und hoher Prozessautomation der Produktions- und Prüftechnik optimiert sind. Der potenzielle Mehrbedarf an grünem Wasserstoff geht mit einem nennenswerten Aufbau der global installierten Elektrolyseleistung und dem Ausbau der erneuerbaren Energien einher. Abhängig von dem jeweiligen Szenario sollen im Jahr 2030 global zwischen 75 und 234 Gigawatt Elektrolyseleistung vorhanden sein. Dieser Markthochlauf ist aber nur umsetzbar, wenn die Wasserstofftechnologien sowohl wirtschaftlich als auch technisch und regulatorisch wettbewerbsfähig zu alternativen Energieträgern sind. Um die Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff zu verbessern, sind signifikante Kosteneinsparungen zu erzielen, etwa beim Elektrolyseursystem und dessen Komponenten. So belaufen sich die Kosten für einen PEM-Elektrolyseur in Abhängigkeit der Anlagengröße aktuell auf 700 bis 1200 US-Dollar pro Kilowatt. Bei

11 Vgl. Meta-Analyse des Wasserstoff-Kompass, 2022, www. wasserstoff-kompass.de.

der alkalischen Elektrolyse sind 650 bis 950 US-Dollar pro Kilowatt aufzuwenden. Die Kosten, die vom Markt akzeptiert werden, liegen dagegen zwischen 350 und 450 US-Dollar pro Kilowatt. Demnach müssen die Kosten bei der PEM-Technologie um bis zu 70 Prozent und bei der alkalischen Elektrolyse um bis zu 50 Prozent reduziert werden. Es besteht also Handlungsbedarf: Optimiertes Design und Materialeinsatz sowie der Hochlauf der Serienfertigung sind eine Grundvoraussetzung für den Aufbau einer klimaneutralen Wasserstoffwirtschaft. Umfangreiche Ansätze werden bereits intensiv in Projekten wie H₂Giga verfolgt, deren Entwicklung – neben guten Bedingungen – jedoch Zeit erfordert.¹²

Parallel ist es möglich, neue Handelswege zu etablieren und die schlecht transportierbaren regenerativen Energien durch transportfähigen Wasserstoff auszugleichen. Langfristig können so grüner Wasserstoff und seine Derivate aus europäischer und außereuropäischer Herstellung zusätzlich zu einer heimischen Produktion den notwendigen Bedarf decken, um Klimaneutralität zu erreichen. Aber auch hierbei sind zwei Aspekte zu beachten. Zum einen bedarf es auch an anderen globalen Standorten zunächst des Aufbaus entsprechender Herstellungskapazitäten, beginnend bei der Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien über den Aufbau von Wasserstofferzeugungskapazitäten mittels Elektrolyse. Zum anderen brauchen auch diese Standorte Transportstrategien, sei es in Form von gasförmigem oder flüssigem Wasserstoff oder Derivaten wie Ammoniak, Methanol und so weiter.

ZUSAMMENFASSUNG

Innovation ist unbestrittener Treiber für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung, vor allem bei der Etablierung neuer Wertschöpfungsketten, wie sie für die Wasserstoffwirtschaft notwendig sind. Im Bereich der Forschung ist nicht nur eine kontinuierliche Grundlagenforschung nötig, sondern auch angewandte Forschung zur industriellen Etablierung. Ebenfalls sollten Ausund Weiterbildung für Fachkräfte priorisiert werden.

Was heißt das für den kurz-, mittel- und langfristigen Forschungsbedarf? Grundsätzlich ist der Schlüssel für eine erfolgreiche Wasserstoffwirt-

12 Siehe www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2giga.

schaft, Sicherheit, Lebensdauer, Zuverlässigkeit, Kostenreduktion, Rohstoffverfügbarkeit und Resilienz zu gewährleisten. Nicht allein die Technologie selbst muss überzeugen, entscheidend sind auch Vertrauen und Akzeptanz durch Sicherheit, Wirtschaftlichkeit durch lange Lebensdauer sowie hohe Zuverlässigkeit.

Bevor grüner Wasserstoff verteilt und eingesetzt werden kann, muss dieser zunächst in entsprechenden Mengen und mittel- wie langfristig zu wettbewerbsfähigen Preisen erzeugt werden. Dabei ist die Anpassung der Fertigungskapazitäten von Wasserstoffsystemen und deren Komponenten ein Schlüsselaspekt. Dies kann - in Anbetracht der Dringlichkeit - zunächst auf Basis bestehender, bisher meist für die Manufakturherstellung konzipierter Systeme erfolgen. Parallel besteht jedoch großer Forschungsbedarf durch die analytische Optimierung von Design und Materialien sowie deren passgenauen Fertigungstechnologien, um frühzeitig Fortschritte in Hinblick auf Kosten, Energie- und Materialeinsatz, Sicherheit und Lebensdauer zu erreichen.

Weiterer Bedarf von Entwicklungs- und Forschungsinfrastruktur zielt unter anderem auf den Testbetrieb von industriellen Elektrolyseuren im Megawattmaßstab ab, um Betriebs-, Leistungs- und Verschleißdaten unter realitätsnahen Betriebsbedingungen zu ermitteln. Dies ist insbesondere beim dynamischen Betrieb mit (simulierten) Lastschwankungen entsprechend der Bereitstellung von erneuerbaren Energien nötig. Auf Basis dieser Daten können dann Betriebsmodelle entwickelt und Wirtschaftlichkeitsanalysen durchgeführt werden. Diese helfen, die Auslegung und den Betrieb für die industrielle Anwendung zu optimieren sowie die Integration in Prozessschritten zu ermöglichen. Darüber hinaus ist die Integration von Einzelanlagen in komplette Energiesysteme unter Berücksichtigung der dabei entstehenden Wechselwirkungen auf der physikalischen und der betriebswirtschaftlichen Ebene ein zentraler Aspekt.

Ein weiterer und bisher unterschätzter Punkt betrifft die anstehende Umstellung der bestehenden Anlagen im verarbeitenden Sektor der Stahl- und Chemieindustrie sowie im Bereich der Raffinerien, im Kontext der Entwicklung von synthetischen Kraftstoffen zur Defossilisierung des Luft- und Schiffsverkehrs. Dies ist kurzfristig parallel zum Hochlauf einer klimaneutralen Wasserstoffproduktion anzugehen und umfasst die Aufgabe, jahrzehntealte Produktionsprozesse im laufenden Betrieb zu dekarbonisieren. Dazu bedarf es technologische Weiterentwicklung, zum Beispiel im Bereich der Methanol- und Ammoniaksynthese, oder grundlegende neue Prozesstechnologien. Für alle Prozesse, einschließlich Stahlherstellung und E-Fuels, gibt es bereits eine breite technologische Basis. Die Herausforderung ist es, diese an den industriellen Maßstab anzupassen und dabei alle ökonomischen und ökologischen Fragestellungen zu berücksichtigen. Schlussendlich sind auch die Themen der Offshore-Wasserstoffproduktion sowie die Digitalisierung des Energiesystems mit dem Aspekt der Einbindung einer Wasserstoffwertschöpfungskette mit erheblichem technologischen Entwicklungsbedarf behaftet.

So muss auch forschungsseitig vieles parallel und teilweise im Vorgriff angegangen werden. Zusammen mit den passenden politischen Rahmenbedingungen und einem stärkeren industriellen Umsetzungswillen lässt dies einen vorsichtig optimistischen Blick in die Zukunft zu, zumal neue Prozesse und Technologien auch wirtschaftlicher Motor sein können und somit eine besondere Art des Strukturwandels bilden, der energiepolitisch motiviert ist.

In allen Bereichen ist der zeitliche Vorsprung bei der Überführung der sehr guten technologischen Basis mit entsprechenden Innovationen entscheidend und für eine klimaneutrale Volkswirtschaft essenziell. Eine etablierte Wasserstoffwirtschaft kann einige aktuelle Probleme zukünftig lösen und sowohl Klimaschutz aktiv voranbringen als auch neue Märkte und Arbeitsplätze schaffen sowie schlussendlich Wohlstand ermöglichen. Voraussetzung ist, dass bald gehandelt wird.

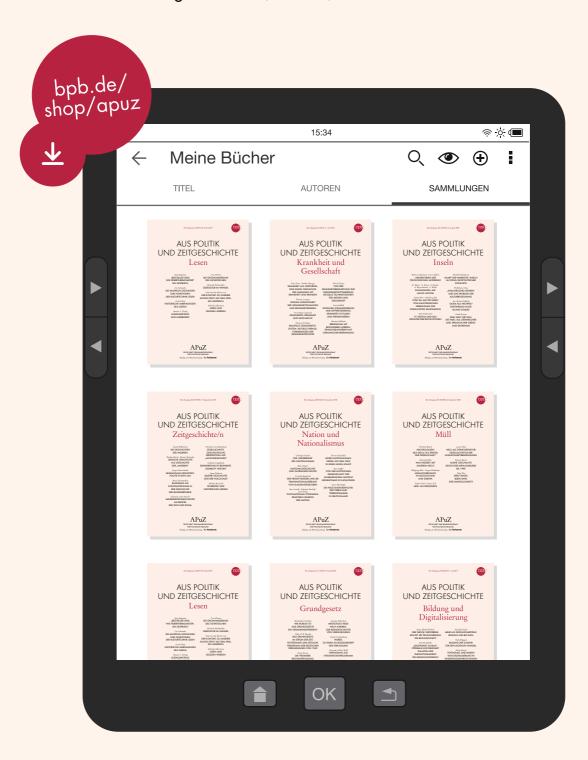
SYLVIA SCHATTAUER

ist kommissarische Leiterin des Fraunhofer-Instituts für Windenergiesysteme IWES. Außerdem ist sie Mitglied des Nationalen Wasserstoffrates der Bundesregierung.

sylvia.schattauer@iwes.fraunhofer.de

Unterwegs und überall.

APuZ als E-Book oder PDF herunterladen und in über 500 Ausgaben lesen, suchen, markieren ...



Herausgegeben von der Bundeszentrale für politische Bildung Adenauerallee 86, 53113 Bonn

Redaktionsschluss dieser Ausgabe: 4. November 2022

REDAKTION

Anne-Sophie Friedel (verantwortlich für diese Ausgabe)
Jacob Hirsch (Volontär)
Sascha Kneip
Lea Merschformann (Praktikantin)
Johannes Piepenbrink
Anne Seibring
apuz@bpb.de
www.bpb.de/apuz
www.bpb.de/apuz
twitter.com/APuZ_bpb

Newsletter abonnieren: www.bpb.de/apuz-aktuell Einzelausgaben bestellen: www.bpb.de/shop/apuz

GRAFISCHES KONZEPT

Charlotte Cassel/Meiré und Meiré, Köln

SAT7

le-tex publishing services GmbH, Leipzig

DRUCK

Frankfurter Societäts-Druckerei GmbH & Co. KG, Mörfelden-Walldorf

ABONNEMENT

Aus Politik und Zeitgeschichte wird mit der Wochenzeitung Das **Parlament** ausgeliefert. Jahresabonnement 25,80 Euro; ermäßigt 13,80 Euro. Im Ausland zzgl. Versandkosten. Fazit Communication GmbH c/o Cover Service GmbH & Co. KG fazit-com@cover-services.de

Die Veröffentlichungen in "Aus Politik und Zeitgeschichte" sind keine Meinungsäußerungen der Bundeszentrale für politische Bildung (bpb). Für die inhaltlichen Aussagen tragen die Autorinnen und Autoren die Verantwortung. Beachten Sie bitte auch das weitere Print-, Online- und Veranstaltungsangebot der bpb, das weiterführende, ergänzende und kontroverse Standpunkte zum Thema bereithält.

ISSN 0479-611 X



Die Texte dieser Ausgabe stehen unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung-Nicht Kommerziell-Keine Bearbeitung 4.0 International.



APuZ Nächste Ausgabe

POLITISCHE BILDUNG

48/2022, 28. November 2022

