

Karl-Ludwig Kley  
Klar zur Wende



KARL-LUDWIG KLEY

# KLAR ZUR WENDE

So können wir das Steuer bei Klima  
und Energie noch rumreißen

ZEHN UNGEHALTENE REDEN

Deutsche Verlags-Anstalt

Der Verlag behält sich die Verwertung des urheberrechtlich geschützten Inhalts dieses Werkes für Zwecke des Text- und Data-Minings nach § 44 b UrhG ausdrücklich vor.  
Jegliche unbefugte Nutzung ist hiermit ausgeschlossen.



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® N001967

1. Auflage

Copyright © 2024 Deutsche Verlags-Anstalt  
in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,  
Neumarkter Str. 28, 81673 München

Umschlaggestaltung: Büro Jorge Schmidt, München

Umschlagabbildung: © Thomas Pirot / laif

Satz: Uhl + Massopust, Aalen

Druck und Bindung: Friedrich Pustet GmbH & Co. KG, Regensburg

Printed in Germany

ISBN 978-3-421-07032-6

[www.dva.de](http://www.dva.de)

# Inhalt

Kapitel 1: Die Energiewende und das Wasserbett

Oder: Warum das Gute manchmal besser ist  
als das Beste

Seite 7

Kapitel 2: Eine Stromwende macht noch keine  
Energiewende

Oder: Bewährte Technologien und neue Netze  
bringen uns schneller voran

Seite 25

Kapitel 3: Im Rausch der Rotoren?

Oder: Vom langen und verschlungenen Weg  
der Windenergie

Seite 41

Kapitel 4: Energie, die von Feldern  
und Balkonen kommt

Oder: Warum Photovoltaik den Anschluss  
an intelligente Netze und kluge Politik braucht

Seite 55

Kapitel 5: Wundermittel Wasserstoff?

Oder: Von der Science-Fiction-Vision in die Wirklichkeit  
Seite 67

Kapitel 6: Des Pudels Kern

Oder: Wie wir mit dem Atomausstieg  
unsere Zukunft riskieren  
Seite 79

Kapitel 7: Versorgungssicherheit in der Tiefe erkunden

Oder: Fracking als unterschätzte Brückentechnologie  
Seite 95

Kapitel 8: Auf dem Weg zur Speicherwende?

Oder: Alte Geister und neue Notwendigkeiten  
Seite 111

Kapitel 9: Ganzheitlich Energie sparen

Oder: Jenseits von Steckdosen und Gaszählern  
Seite 125

Kapitel 10: Wer will schon in die Röhre schauen?

Oder: Wie wir unser Energiesystem resilienter machen  
Seite 141

(K)ein Schlusswort

Worüber wir streiten sollten. Und wie.  
Seite 155

## Kapitel 1

# Die Energiewende und das Wasserbett

Oder: Warum das Gute manchmal besser ist  
als das Beste

Wer sich in diesen Tagen mit der Energiewende beschäftigt und mit den vielen Diskussionen, die darum geführt werden, der denkt wahrscheinlich nicht an die Reifen seines Autos. Warum auch? Das eine hat mit dem anderen wenig zu tun. Aber bei genauerem Hinsehen findet sich eine interessante Gemeinsamkeit – das Problem des Zielkonflikts. Beim Reifen wird in dieser Hinsicht klar und anschaulich, was bei der Energiewende viele übersehen: dass es bei ein und derselben Sache um sehr unterschiedliche Prioritäten gehen kann. Und zwar gleichzeitig.

Klar ist im Falle des Reifens zunächst einmal: Mit seiner Hilfe kommt die Kraft des Antriebs auf die Straße. Allerdings passiert das auf einer Fläche, die kaum größer ist als eine Postkarte. Genauer gesagt auf vier solcher Flächen. Wo Reifen und Straße einander berühren, wird aus Antriebsenergie Bewegungsenergie.

Damit kommt den Reifen eine weit größere Bedeutung zu, als unsere durchschnittliche Aufmerksamkeitsspanne für dieses Fahrzeugteil vermuten lassen würde. De facto hängt

unser Leben davon ab, dass die Reifen genau das leisten, wozu sie konzipiert sind; dass sie nämlich unsere Bodenhaftung sicherstellen – bis an die Grenzen des physikalisch Machbaren.

Was aber ist das physikalisch Machbare? Die Frage ist auf den ersten Blick leicht zu beantworten. Denn ausgehend von den heute zur Verfügung stehenden Kautschukmischungen und anderen »Zutaten« der modernen Reifenproduktion ist es ein Leichtes, Autoreifen so zu gestalten, dass sie ein Maximum an Haftung garantieren, mehr als wir im Alltagsgebrauch jemals wirklich benötigen. Aber so werden Reifen nicht entwickelt, jedenfalls nicht die Serienreifen für unsere Pkw. Denn die Aufgabe der Reifeningenieurinnen und -ingenieure ist wesentlich komplexer. Neben der Haftung insbesondere bei Nässe müssen sie sich noch um einige andere Eigenschaften ihres Produktes kümmern, weil wir als Konsumentinnen und Konsumenten darauf mindestens ebenso viel Wert legen. Auf den Komfort zum Beispiel, der wiederum mit dem Rollwiderstand zu tun hat und gleichzeitig den Energieverbrauch des Fahrzeuges beeinflusst. Denn was nutzt uns ein Reifen mit herausragenden Sicherheitseigenschaften oder super Energieeffizienz, wenn man darauf unterwegs ist wie die Flintstones in ihrem Steinzeitmobil: steinhart? Ein anderer Aspekt betrifft Haltbarkeit und Verschleiß. Schließlich will sich niemand alle paar Monate neue Reifen zulegen.

Das Problem dabei ist, immer wenn man eine der Eigenschaften verbessert, bedeutet das automatisch eine Verschlechterung bei mindestens einer der beiden anderen.

Deshalb spricht man vom »Magischen Dreieck« der Reifenentwicklung. Perfekt auflösen lässt es sich nicht. Stattdessen müssen wir uns mit Kompromissen zufriedengeben. Mit Kompromissen allerdings, die sich sehen lassen können. Denn unter dem Strich sind wir mit unseren Reifen recht komfortabel und zugleich sicher unterwegs. Und auswechseln müssen wir die »Füße unserer Autos« so selten, dass wir kaum noch über sie nachdenken – obwohl sich das lohnen kann: besonders energieeffiziente Reifen sparen rund 7,5 Prozent Sprit.

So wie bei den Reifen ist es in vielen Bereichen – nicht nur in der Technik. Im Finanzwesen zum Beispiel gibt es das »Magische Dreieck« der Geldanlage. Es beschreibt das Spannungsverhältnis zwischen Sicherheit, Liquidität und Rendite. Oder denken Sie an das Dreieck aus Kosten, Zeit und Aufwand in der Projektsteuerung. Die Volkswirtschaft hat es sogar mit einem »Magischen Viereck« zu tun, das in letzter Zeit gar zum Sechseck erweitert wurde: Stabile Preise, hohe Beschäftigungsquote, stetiges Wachstum und außenwirtschaftliches Gleichgewicht sind kaum je in gleichem Maße zu realisieren. Noch schwieriger wird es, wenn Umweltschutz und gerechte Einkommensverteilung hinzukommen. Und auch die Energie, um die es in diesem Buch geht, hat ihr magisches Dreieck: Klimaschutz, Sicherheit und Bezahlbarkeit – auf nichts davon können und sollten wir verzichten. Aber alle drei Ziele gleichzeitig zu erreichen, ist alles andere als leicht.

Eine solche Liste der »magischen« Drei-, Vier- oder Sechsecke ließe sich noch lange fortsetzen. Und weil das so ist,

liegt ein ganz grundsätzlicher Gedanke nahe – dass alles, was wirklich wichtig ist, auch kompliziert ist. Mindestens aber komplex. Einfache Lösungen gibt es nur für einfache Fragen. Das Wesen der für uns Menschen relevanten Dinge hingegen folgt so gut wie nie den Gesetzen der binären Logik. Eindeutigkeit ist meist eine Täuschung.

Stattdessen haben wir es ständig mit Zielkonflikten zu tun und können perfekte Lösungen allenfalls anstreben. Wenn es dann gut läuft, nähern wir uns über die Zeit einer zwar nicht optimalen, aber doch alles in allem zufriedenstellenden Lösung an. Besser wird es nicht. Und diese Erkenntnis entmutigt viele Menschen. Nach dem Motto: Warum soll ich mich anstrengen, wenn es am Ende ja doch kein perfektes Ergebnis geben wird? Die Antwort lautet: Damit es so gut wird, wie es eben geht.

Und selbst das verlangt uns viel ab. Denn um uns in den zahlreichen Zielkonflikten unseres Lebens zu entscheiden, müssen wir immerzu abwägen: Was ist uns wichtig? Und was vielleicht noch wichtiger? In privaten Dingen entscheiden wir das oft intuitiv, aus dem Bauch heraus. Bei Entscheidungen, die unser Zusammenleben in einer Gesellschaft oder gar auf diesem Planeten betreffen, empfiehlt sich das weniger. Hier ist rationale Güterabwägung gefragt.

Im öffentlichen Diskurs sollte es darum gehen, wer welche Gründe für oder gegen ein Vorhaben anführen kann. Und wie tragfähig diese nach den Gesetzen der Vernunft jeweils ausfallen. Dabei aber gilt: Ein vernünftiger Grund ist nicht schon deshalb und automatisch der einzig richtige. Es mag zu einer strittigen Frage mehrere Antworten geben, die ver-

nünftigerweise richtig sind. Mal kann es sinnvoll sein, die Haltbarkeit eines Reifens in den Vordergrund zu stellen. Mal können gute Gründe für mehr Energieeffizienz sprechen. Das heißt: Worauf es ankommt, ist die Güte des Urteils und der vorausgegangenen Abwägung. Und die wiederum hängt von der Frage ab: Wie kommt ein Urteil zustande? An welchen Kriterien orientiert man sich?

Auf diesem Gebiet kann man grob zwei Denkschulen unterscheiden. Die einen halten ein Urteil und daraus folgende Handlungen erst und nur dann für gut, wenn es auf Maximen beruht, die sich vernünftigerweise nicht bestreiten lassen und die man deshalb – nach der Idee von Immanuel Kant – jederzeit zum Prinzip einer »allgemeinen Gesetzgebung« machen könnte. Hat man zum Beispiel jemandem etwas versprochen, muss man es halten. Ganz unabhängig von den jeweiligen Umständen und den Folgen einer solchen Haltung. Warum? Weil das Brechen von Versprechen die Institution des Versprechens selbst auflösen würde, was wiederum niemand wollen kann. Menschen, die so denken, sind äußerst prinzipientreu und eher wenig pragmatisch.

Die andere Denkschule kümmert sich nicht so sehr um das Prinzip und interessiert sich eher für die Folgen einer Handlung. Für sie ist das am besten, was am meisten nutzt. Deshalb kann man ein Versprechen in dieser Sichtweise durchaus auch mal brechen, wenn dadurch ein anderes wichtiges Ziel erreicht oder ein großer Nachteil vermieden wird. Das klingt zwar einleuchtend, bringt aber auch Probleme mit sich. Denn oft weiß man ja vorab gar nicht so genau, welche Folgen eine Handlung in der Zukunft haben

wird. Und: Auch wenn eine Entscheidung großen Nutzen bringt, kann es ja doch sein, dass sie für einige Menschen mit – möglicherweise erheblichen – Nachteilen verbunden ist. Soll man das etwa ignorieren?

In der Praxis bleibt es deshalb schwierig, das eigene Urteil wirklich »wasserdicht« zu begründen. Wir müssen unsere Entscheidungen immer wieder in beide Richtungen auf die Probe stellen, indem wir uns fragen: Sind die Prinzipien solide, die wir unserem Entschluss zugrunde legen? Und: Wie gut können wir die Folgen verantworten, die unsere Entscheidung aller Voraussicht nach haben wird?

Im Fall der Energiewende, um die es in diesem Buch geht, werden beide Fragen im öffentlichen Diskurs zu selten gestellt. Und noch seltener gut beantwortet. Stattdessen verstricken sich die Kombattanten immer wieder in einen aussichtslosen Streit der beiden Positionen. Die einen positionieren sich als Vertreterinnen und Vertreter einer »reinen Lehre« und tun schlicht so, als gäbe es die vielen »magischen Vierecke« des Lebens gar nicht. Um den Klimawandel zu stoppen, stellen sie Maximalforderungen, die überwiegend ökologische Aspekte in den Blick nehmen. Wirtschaftliche und soziale Gesichtspunkte hingegen spielen für sie eine eher untergeordnete Rolle. Die anderen wiederum nehmen genau das zum Vorwand, um den Klimaschutz auf die möglichst lange Bank zu schieben und am Status quo vorerst nicht rütteln zu müssen.

Dabei ist auch und gerade rund um die Energiewende klar: Eine einfache oder perfekte Lösung wird es nicht geben. Wohl aber könnten wir zu »ziemlich guten« Kompro-

missen kommen. Erinnern wir uns: Auch in Sachen Energie haben wir es mit einem magischen Dreieck zu tun – genauso wie die Reifenhersteller, Volkswirte und alle anderen, die sich mit bedeutsamen Fragen beschäftigen. Dem Trilemma aus Klimaschutz, Sicherheit und Bezahlbarkeit.

Und nichts daran ist neu. In den vergangenen 50 Jahren gab es immer wieder Umwälzungen in der Energiepolitik. Auch viel Hin und Her, viel Vor und Zurück. Mal stand die Versorgungssicherheit im Mittelpunkt, mal der Verbraucherschutz, also die Bezahlbarkeit. Und in den letzten zwei Dekaden immer mehr Klima- und Umweltschutz. Zwar sind wir auf diesem Gebiet ein gutes Stück vorangekommen: Kein anderer Wirtschaftszweig in Deutschland hat in den zurückliegenden vier Jahrzehnten einen größeren Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduktion geleistet als die deutsche Energiewirtschaft. Besonders der Ausbau der erneuerbaren Energiequellen hat dazu geführt, dass die Emissionen aus der Energieproduktion in diesem Zeitraum um 50 Prozent sanken, während beispielsweise der Verkehrs- oder Immobiliensektor seit Jahren bestenfalls auf der Stelle tritt.

Aber auch wenn wir heute knapp 50 Prozent unseres Stroms aus Sonne, Wind und Biomasse gewinnen, haben wir damit noch keine wirklich überzeugende Antwort auf das Trilemma der Energiewirtschaft insgesamt gefunden. Gemessen am Endenergieverbrauch machen die Erneuerbaren sogar nur 20,4 Prozent aus. So wie wir es bisher angehen, ist die Energiewende also weder eine ökonomische Erfolgsstory, noch bringt sie Versorgungssicherheit. Und: Auch ökologisch werden wir auf dem bisherigen Pfad nicht

schnell genug ans Ziel kommen, um einen wirksamen Beitrag zum Klimaschutz leisten zu können.

Wie ließe sich das ändern?

Wer das herausfinden will, muss sich jeden einzelnen Aspekt des Trilemmas gründlich ansehen und fragen: Welche Ziele verfolgen wir jeweils im Einzelnen? Und wie könnten wir sie erreichen, ohne mit den Anforderungen aus den jeweils anderen Aspekten allzu sehr in Konflikt zu geraten?

Richtig und wichtig ist dabei, mit dem ökologischen Aspekt zu beginnen. Konkret bedeutet das: mit dem 1,5-Grad-Ziel aus dem Pariser Klimaabkommen von 2015. Und leider sind sich hier mittlerweile fast alle Expertinnen und Experten einig: Dieses Ziel ist realistisch nicht mehr zu erreichen. Zumindest sind wir eindeutig nicht auf einem Pfad, der für das Erreichen dieses Zieles reicht. Wir müssten auf globaler Ebene das Ruder deutlich herumreißen. Danach sieht es aber gerade nicht aus. Allein der russische Angriff auf die Ukraine hat dazu geführt, dass weltweit wieder deutlich mehr Kohle verbrannt wird, um Strom zu erzeugen – mit den bekannten Folgen für das Klima. Auch in China entstehen immer noch neue zusätzliche Kohlekraftwerke. Anstatt nun aber angesichts dieser alarmierenden Aussichten alles zu tun, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen so schnell und so effizient wie möglich zu senken, verzetteln wir uns in den angesprochenen »Schwarz-Weiß-Diskussionen«.

Auf der einen Seite stehen dabei jene, die den Nutzen entsprechender Anstrengungen überhaupt in Frage stellen. Sie betonen die globale Dimension des Problems und sagen: Wenn ein Land wie Deutschland ohnehin nur für rund zwei

Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich ist, dann lohnt sich der beträchtliche Aufwand einer Energiewende nicht. Stattdessen sollen andere Länder mit einem größeren Anteil am weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Vorleistung gehen – gerne mit technologischer Unterstützung westlicher Industriestaaten.

Diese Position übersieht allerdings gleich zwei wichtige Aspekte. Und zwar sowohl innerhalb der Nutzen-Logik als auch in prinzipieller Hinsicht. Was Ersteres betrifft, so muss man sich nur einmal vorstellen, die Welt der Staaten wäre eine Fußballmannschaft. Völlig selbstverständlich würden wir erwarten, dass jeder einzelne Spieler seinen Beitrag zu einem möglichen Sieg leistet. Und ebenso selbstverständlich würden wir es verwunderlich finden, wenn sich ein Verteidiger plötzlich an die Seitenlinie setzen würde – mit der Begründung, sein Beitrag zum Erfolg betrage ohnehin nur ein Elftel. Das Spiel müssten die anderen gewinnen.

Hinzu kommt, dass einer solchen Haltung – auf dem Fußballfeld ebenso wie in der internationalen Gemeinschaft – auch vertragspraktische Gründe entgegenstehen. Deutschland hat sich im Pariser Klimaabkommen dazu verpflichtet, alles in seiner Macht Stehende zu tun, um die eigenen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf ein bestimmtes (dem 1,5-Grad-Ziel dienendes) Maß zu begrenzen. Das Nutzen-Argument geht also an dieser Stelle de facto ins Leere. Denn der angestrebte Nutzen kann ja eben nur erreicht werden, wenn alle Unterzeichnerstaaten (analog zu den Fußballspielern) ihren vereinbarten Beitrag leisten. Was sie im Übrigen auch angesichts ihrer historischen Verantwortung tun. Denn die gegenwärtige

Problemlage ist ja wesentlich durch die überproportionale CO<sub>2</sub>-Belastung seitens der Industrieländer in den zurückliegenden rund 200 Jahren entstanden.

Andererseits ist es natürlich legitim, zu fragen: Wie weit genau gehen denn derartige Verpflichtungen? Welche Lasten können einem einzelnen Akteur legitimerweise auferlegt werden, um Ziele der Allgemeinheit zu erreichen? Stellen Sie sich etwa vor, bei einem Winterspaziergang kommen Sie an einem See vorbei. Sie beobachten, dass dort gerade ein Kind ins Wasser gefallen ist, und es ist offensichtlich – ohne Ihre Hilfe kann es nicht überleben. Dann ist zunächst einmal natürlich klar: Hier müssen Sie helfen, vielleicht sogar dann, wenn diese Hilfe für Sie selbst mit Risiken verbunden ist.

Doch so moralisch eindeutig diese Position auf den ersten Blick aussieht – im wirklichen Leben legen wir einen solch strengen Maßstab in der Regel nicht an. Würde es in dem Beispiel etwa tatsächlich zum Tod des Kindes kommen und der Spaziergänger vor Gericht angeklagt, könnte man ihm wahrscheinlich zwar unterlassene Hilfeleistung zur Last legen. Das Gericht müsste bei der Urteilsfindung aber auch den Grundsatz berücksichtigen, dass es niemandem per se zugemutet werden kann, sich selbst zu belasten oder in existenzielle Gefahr zu begeben, um andere vor ebensolchen Gefahren zu retten. Mit anderen Worten: Das Gericht würde vermutlich davon ausgehen, dass eine Güterabwägung im Sinne eines magischen Vielecks durchaus legitim ist – wer ohne Chance auf Rettung eines Opfers ins Wasser springt und dabei selber ertrinkt, hat nicht verantwortungsvoll, sondern kopflos gehandelt.

In diesem Kontext interpretiere ich auch das Urteil des Bundesverfassungsgerichts zur Klimaschutz-Pflicht des Staates vom Frühjahr 2021. Es fordert, die Freiheitsrechte künftiger Generationen zu gewährleisten und dabei zugleich in legitimer Weise unsere aktuellen Interessen zu wahren. Wollen wir diesen Grundsatz beherzigen, ist es von hoher Bedeutung, die Debatte um Klimarettung und Energiewende differenzierter anzugehen. Immer mit der Leitidee: Machbarkeit statt politischem Wirrwarr.

Gerne wird in diesem Zusammenhang das Narrativ vom *First Mover* vorgetragen. Es besagt: Entschlossene Energiewendepolitik schützt das Klima und bringt gleichzeitig einen wirtschaftlichen Vorteil für Industrie und Wirtschaft. Das Zauberwort dafür heißt Technologieführerschaft bei Schlüsselkompetenzen der Energiewende, wie beispielsweise Wasserstoff, Batterieproduktion oder Speicherverfahren. Einzige Herausforderung: Die Industrie muss nur schnell genug beim Aufbau entsprechender Technologien voranschreiten.

Damit das klappt, gibt es dann Rufe nach Subventions- und Förderprogrammen, die die Mehrkosten für Unternehmen decken und im Ergebnis der Welt zeigen sollen, dass klimaneutrale Technologien, made in Germany, verfügbar sind und die industrielle Transformation machbar ist – wenn man nur Spitzentechnologie für Klimaneutralität aus Deutschland importiert. Die Beweisführung für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Strategie allerdings fehlt leider.

Tatsächlich funktionieren kann derartig »lenkende Industriepolitik« bestenfalls, sofern die dafür bereitgestellten Mittel beträchtlich sind und dazu zielgerichtet und langfristig ver-

lässlich erfolgen. So wie jüngst im Falle des *Inflation Reduction Act* der Biden-Regierung in den USA. Damit fördern die Amerikaner ganz gezielt das Wachstum einer neuen »Klimaindustrie« in ihrem Land – und das mit deutlich weniger Bürokratie als hierzulande.

Aber auch in Deutschland kennen wir – im Prinzip – vergleichbare, wenn auch wesentlich bescheidenere Ansätze. Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sind wir zu Beginn der 2000er-Jahre in die Subvention der Solarindustrie eingestiegen. Als diese Subventionen für Anlagenbetreiber ein Jahrzehnt später aber deutlich reduziert wurden, zeigte sich sofort das Problem derartiger »Industriepolitik«: Das süße Gift der Subvention hatte dazu geführt, dass der Markt boomte und die Panel-Hersteller sich nicht um effiziente Produktionsverfahren kümmerten. Erst als die chinesischen Anbieter mit Dumping-Preisen den europäischen Markt fluteten und gleichzeitig die EEG-Umlage für die Anlagenbetreiber deutlich geringer ausfielen, war Wettbewerbsfähigkeit für die deutschen Panel-Hersteller plötzlich ein Thema – doch leider zu spät.

Das Ergebnis: Vom ehemaligen internationalen Marktführer in Sachen Solartechnologie sind wir im Wettbewerb auf einen der letzten Plätze abgestiegen – ohne jede Aussicht, den verlorenen Boden je wiedergutmachen zu können. Besser wäre es gewesen, die Mittel mehr auf Forschung und Entwicklung zu konzentrieren – dort sind wir stark und ist der Hebel größer.

Hinzu kam: Den Steuerzahler kostete die nach diesem Prinzip eingeleitete Energiewende weit mehr als ursprüng-

lich veranschlagt. Hieß es erst noch, derartige Förderung kostete die Stromkunden nicht mehr als eine Kugel Eis im Monat (so der damalige Umweltminister Jürgen Trittin von den Grünen), belasteten bald Steuern, die EEG-Umlage und ein ganzer Strauß weiterer Subventionen die Strompreise mit über 30 Milliarden Euro im Jahr. Die Eiskugel ist also in Wahrheit ganz schön teuer geworden.

Das EEG macht deutlich, wie verlockend die Idee staatlich gesteuerter Industriepolitik im Dienst hehrer Ziele auch sein mag, subventionierten Märkten fehlt oft die Wettbewerbsfähigkeit. Oder, um im oben erwähnten Bild zu bleiben: Es besteht die Gefahr, dass sowohl das Kind als auch der Retter ertrinken.

Deutlich besser hingegen stehen die Chancen, wenn wir einen anderen Weg einschlagen: den Weg einer öko-liberalen Marktwirtschaft. Das heißt, wir nutzen Prinzipien des Marktes so intelligent, dass wir damit sowohl den eigenen Nutzen als auch das gemeinsame Ziel erreichen können – mindestens aber die gesellschaftlichen Kosten eines klimafreundlichen Kurses in Politik und Wirtschaft minimieren. Und das ist nicht einmal besonders schwierig. Alles, was wir dazu brauchen, ist ein wirklich marktwirtschaftlich ausgerichtetes System der CO<sub>2</sub>-Bepreisung. Auch wie das genau funktionieren kann, wissen wir schon – durch den europäischen Handel mit Zertifikaten für CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die Idee ist so simpel wie richtig: Das, was knapp ist, muss umso teurer werden, je knapper es wird. In diesem Fall also das Recht, klimaschädliches CO<sub>2</sub> auszustoßen. Da wir dieses Recht früher überhaupt nicht mit einem Preisschild

versehen haben, wurden von der EU sogenannte Emissionszertifikate ins Leben gerufen – und zwar genauso viele, wie wir uns noch leisten können, ohne das Klima weiter zu schädigen. Jedes Land erwirbt seitdem – teils durch Zuteilung, teils durch Zukauf an einer Börse – eine bestimmte Menge dieser Zertifikate zu einem bestimmten Preis. Der Clou an der Sache ist: Die Gesamtmenge aller Zertifikate wird von Jahr zu Jahr verringert. Und entsprechend steigt der Preis. Das heißt, es wird immer teurer, klimaschädliches CO<sub>2</sub> auszustoßen. Oder anders ausgedrückt: Der Anreiz, bei der CO<sub>2</sub>-intensiven Energie- und Produkterzeugung auf klimafreundliche Verfahren umzustellen, wird immer größer. Und die Reduktion erfolgt als Erstes dort, wo dies am effizientesten und am kostengünstigsten möglich ist.

Der Staat, beziehungsweise die Staaten der EU, müssen sich dabei gar nicht mehr im Detail darum kümmern, wie genau die Unternehmen eines Landes diese Umstellung bewerkstelligen. Was bei den einen am besten mit Solartechnik funktioniert (in Deutschland zum Beispiel), gelingt den anderen besser durch Windkraft (Dänemark etwa).

Solange der Emissionshandel nicht global angewandt wird, sind in Europa produzierte Güter, die in den außereuropäischen Markt gehen, teurer und damit weniger wettbewerbsfähig. Als Ausgleich gibt es für besonders betroffene Unternehmen kostenlose Zertifikate. Produkte, die außerhalb Europas hergestellt und in die EU importiert werden, haben dagegen einen Vorteil, da sie ohne CO<sub>2</sub>-Bepreisung auf den Markt kommen. Diese Fehlentwicklung hat die EU-Kommission erkannt und einen Grenzausgleichs-

mechanismus entwickelt, der entsprechende Produkte verteuern soll.

So weit, so gut. Sogar sehr gut, denn der Zertifikatehandel ist das System, mit dem wir alle drei Seiten des Energie-Trilemmas am besten abdecken können. Die nationale Politik müsste sich dann »nur noch« um die bislang nicht vom Emissionshandel erfassten Bereiche kümmern: Wärme, Verkehr, Gebäude und Landwirtschaft vor allem – so wie es ab 2027 ja auch schon zum Teil vorgesehen ist. Stattdessen aber betreibt zum Beispiel die deutsche Politik doch wieder Mikro-Management und beschließt jahresscharf, alle unsere Kohlekraftwerke abzuschalten. Die Kosten dafür: rund 40 Milliarden Euro! Aber selbst das wäre ja noch richtig im Sinne der Klimapolitik, wenn durch diese Abschaltung für das Klima irgendetwas gewonnen würde. Genau das aber ist entgegen vielfach geäußelter Ansicht von vermeintlichen Klimaschützerinnen und Klimaschützern nicht der Fall. Denn unser Abschalten ändert nichts an der Menge der Emissionszertifikate in der EU. Die bleibt zunächst gleich.

In Deutschland brauchen wir zwar weniger Zertifikate. In anderen Ländern Europas stehen diese aber dafür umso zahlreicher zur Verfügung. Dort wird es deshalb sogar günstiger, Kohlekraftwerke länger zu betreiben. Man nennt das den Wasserbetteffekt – ein Effekt, der kennzeichnend ist für die gesamte Problematik der Emissionsvermeidung. Verlagert ein Teilnehmer im globalen Klimageschehen seinen Schwerpunkt und nimmt eine neue Position ein, verändert das zwar seine Lage. Aber gleichzeitig verschieben sich die Emissionsmengen, so wie das Wasser im Wasserbett, an andere Stellen.

Wie schon im Falle der magischen Vielecke gilt: Nur Lösungen, die auch bei ganzheitlicher Betrachtung eine positive Veränderung bringen, können wirklich als Lösungen gelten. Alles andere sind Scheinerfolge. Und die aufgewendeten Mittel, wie etwa die 40 Milliarden Euro Deutschlands für den Kohleausstieg, sind klimapolitisch in den Wind geschossen.

Das bedeutet: Wir sollten uns nicht so sehr darüber streiten, ob es objektiv und »prinzipiell« richtig ist, die Kohlekraftwerke abzuschalten. Und das Problem liegt auch nicht darin, dass irgendjemand den deutschen Beitrag zum Klimaschutz verweigern wollte, weil wir nur zwei Prozent der Verantwortung tragen. Das Problem ist, dass wir handwerklich falsch agieren und dadurch zugleich unseren eigenen Interessen und denen des Klimas zuwiderhandeln – also die schlechteste aller gegebenen Möglichkeiten realisieren. Das wäre so, als würden die Reifenhersteller einen Reifen konzipieren mit geringer Haftung bei Nässe, hohem Rollwiderstand und geringer Haltbarkeit.

Was also ist zu tun? Die Antwort lautet: Mit Mitteln des Marktes so schnell und so effizient wie möglich den CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduzieren – und dabei statt auf staatlichen Dirigismus im Detail auf sinnvoll steuernde Rahmenbedingungen setzen.

Konkret heißt das:

- Die CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Wege des freien Zertifikatehandels ausweiten – und zwar nicht nur beim Strom und in der Industrie, sondern auch in den Bereichen Wärme, Verkehr und Landwirtschaft. Und das möglichst im glo-

balen Maßstab. Oder, wo das nicht möglich ist, in einem »Club der Willigen«.

- Konsequent »freie Fahrt« schaffen für erneuerbare Energieerzeugung, also vor allem: radikaler Abbau der Bürokratien rund um die Genehmigungen für Transport und Errichtung entsprechender Anlagen, damit wir unsere Ziele beim Zubau erneuerbarer Energien erreichen.
- Und gleichzeitig: herkömmliche Energieträger, insbesondere Gas, als Brückentechnologie weiter nutzen, weil selbst unter günstigsten Bedingungen ausschließlich alternative Energieerzeugung bis auf Weiteres nicht in ausreichendem Umfang möglich sein wird.
- Die Politik muss die Umsetzung dessen, was abstrakt beschlossen wurde, auch lokal vertreten – statt opportunistisch jedem Einzelnen alle Zumutungen ersparen zu wollen. In Abwandlung des einfachen Elterngrundsatzes »Karussell und Eis geht nicht« hieße das: *Not in my backyard* und *Net Zero* gleichzeitig geht nicht.
- Begleitet werden muss das Ganze von modernen Methoden der CO<sub>2</sub>-Speicherung oder -Wiederverwendung, weil wir ohne diese Technologien und ein umfassendes Kohlenstoffmanagement die Reduktionsziele nicht erreichen können.
- Zusätzlich aber brauchen wir eine Veränderung im Denken. Wir müssen uns verabschieden von einfachen Antworten, von detaillierter Mikrosteuerung und nicht marktwirtschaftlichen Konzepten. Denn all das hat uns viele der Probleme erst eingebrockt.

All diese Aspekte werden in den folgenden Kapiteln einzeln beleuchtet. Und dabei wird sich zeigen: Eine klimapolitisch sinnvolle Energiewende ist – trotz aller Fehler der Vergangenheit – noch immer möglich. Wir können es noch schaffen. Wenn wir uns endlich von falschen moralischen Alternativen und Diskussionen verabschieden und zielgerichtet genau das tun, was nötig ist. Die Technologien sind da. Mit ihnen können wir das ertrinkende Kind retten – zu vertretbaren Risiken. Was fehlt, ist der konsequente politische Wille, das magische Dreieck der Energieversorgung ohne Illusionen anzugehen. Was die Welt braucht, ist nicht die perfekte Lösung, die alle zufriedenstellt. Sie braucht Lösungen, mit denen »möglichst alle so gut wie möglich« leben können. Und sie braucht diese pragmatisch und schnell.

## Kapitel 2

### Eine Stromwende macht noch keine Energiewende

Oder: Bewährte Technologien und neue Netze  
bringen uns schneller voran

Es ist Sommer, die Freunde veranstalten ein Gartenfest, die Gespräche drehen sich in geselliger Runde um Privates, um Berufliches und die Lage der Welt im Allgemeinen. An einem der Stehtische sagt jemand: »Wir kommen doch gut voran mit der Energiewende. Ich habe gelesen, gestern und heute hatten die Erneuerbaren einen Anteil von 70 Prozent!« Die anderen am Tisch sind überrascht. Sie schauen anerkennend. Nur einer wendet ein: »Na ja, im Moment scheint ja auch dauernd die Sonne.«

Worauf jedoch niemand hinweist: Nicht nur spiegeln solche Momentaufnahmen lediglich die gerade herrschende Wetterlage. Die Mitteilung über die 70 Prozent war auch aus einem anderen – noch viel wichtigeren – Grund fragwürdig. Sie enthielt nämlich keinen Hinweis darauf, worauf sich die Prozentangabe denn bezieht. Und es fragte auch niemand nach: »70 Prozent Anteil woran?« Ziemlich sicher dachten alle am Tisch, gemeint seien 70 Prozent Anteil an der insgesamt erzeugten Energie in Deutschland.

Genau das aber ist ein fatales Missverständnis. Denn einen 70-prozentigen Anteil haben erneuerbare Energieformen – selbst an sonnigen und windreichen Tagen – nicht an der Gesamtenergieproduktion, sondern nur: an der Stromproduktion. Die Energiewende in Deutschland ist bislang vor allem eine Stromwende. Um daraus tatsächlich die angestrebte Wende bei der Energieversorgung insgesamt zu machen, müssen wir uns noch sehr anstrengen – und Lösungen für eine Reihe von Fragestellungen finden, die bisher noch keineswegs klar absehbar sind.

Tatsache ist, kein anderer Industriezweig Deutschlands hat bisher einen größeren Beitrag zur Energiewende geleistet als die Energiewirtschaft. Der Anteil der Erneuerbaren an der Gesamt-Stromerzeugungskapazität stieg seit 1990 von damals drei auf heute rund 45 Prozent – von 4,2 Gigawatt auf 130 Gigawatt. Im Jahresmittel stammen heute rund 24 Prozent unseres Stroms aus Windkraft, gut zehn Prozent aus Photovoltaikanlagen, ein weitaus kleinerer Teil (3,2 Prozent) auch aus Wasserkraft. Als Resultat sank der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Energiewirtschaft von 1990 bis 2020 um mehr als 50 Prozent.

Ganz anders aber sieht das in den anderen Sektoren aus. An der Wärmeproduktion etwa haben erneuerbare Energiequellen bislang nur einen Anteil von rund 17 Prozent – wobei hier in erster Linie (65 Prozent) »feste Biomasse« als erneuerbare Energiequelle gezählt wird, mit anderen Worten: hauptsächlich Holz in all seinen Verwendungsformen. Deswegen Verbrennung ist zwar nominell CO<sub>2</sub>-neutral. De facto aber wachsen Bäume weltweit nicht so schnell nach, wie sie

auf der nördlichen Halbkugel verbrannt werden. Rechnet man deshalb die »feste Biomasse« aus dem Anteil der Erneuerbaren an der Gesamt-Wärmeproduktion heraus, verbleiben für den tatsächlich »grünen« Anteil an der Wärme- und Kälteproduktion, etwa aus Biogas, Biomethan, Solar- oder Geothermie, nur noch jeweils niedrige einstellige Prozentbeträge. Lediglich die Nutzung von Umweltwärme, insbesondere durch Wärmepumpen, hat mit rund zehn Prozent einen nennenswerten Anteil.

Fast noch ernüchternder ist das Bild im Verkehrssektor. Einschließlich des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien im Schienen- und Straßenverkehr betrug der Anteil seit dem Jahr 2008 bis zum Jahr 2019 kontinuierlich zwischen fünf und sechs Prozent. Derzeit liegt er bei rund sieben Prozent. Zwar ist die Zahl der elektrisch betriebenen Fahrzeuge in Deutschland seit 2006 von damals rund 2.000 auf nunmehr über eine Million stark gewachsen. Aber gewachsen sind auch Fahrzeugbestand sowie Schifffahrts-, Flug- und Schwerlastverkehr. Die Folge? Es fließt deutlich mehr »grüner« Strom in die Elektromobilität. Weil jedoch auch mehr fossiler Kraftstoff genutzt wird, blieb der Anteil erneuerbarer Energien im Verkehr 2022 im Vergleich zum Vorjahr gleich.

Betrachtet man auf Basis dieser Zahlen die Beiträge der verschiedenen Sektoren zum eigentlich relevanten Ziel der CO<sub>2</sub>-Reduktion, dann zeigt sich: Von gut 230 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen, also von sämtlichen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, die 2022 gegenüber den Emissionen von 1990 vermieden wurden, entfielen gut 180 Millio-

nen Tonnen auf den Stromsektor, also fast 80 Prozent. Die Wärmeproduktion steuerte vergleichsweise geringe 42 Millionen Tonnen und der Verkehrssektor weniger als zehn Millionen Tonnen bei. Insgesamt sank der deutsche CO<sub>2</sub>-Ausstoß zwar seit 1990 um rund 40 Prozent. Würde es aber von nun an lediglich im selben Tempo weitergehen, wäre das Ziel von Netto-Null an CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 nicht zu erreichen. Dafür müsste sich nach Expertenschätzungen die Zubau-Geschwindigkeit bei Solaranlagen mehr als verdoppeln, bei Windkraftanlagen an Land müsste sie sich mehr als verdreifachen und bei Windparks auf See sogar mehr als verachtfachen.

Dies gilt umso mehr, als grüner Strom das Rückgrat der Sektorenkopplung sein wird. Sprich, weil wir damit zunehmend auch Wärme, Kälte, Mobilität, industrielle Produktion und Landwirtschaft betreiben wollen. Sofort stellt sich deshalb die Frage: Könnten wir denn – wohlgemerkt bis 2050 – überhaupt so viel grünen Strom bereitstellen? Was wäre dafür nötig?

Die Zahlen sprechen auch in dieser Hinsicht eine klare Sprache. Stand heute liegt der Gesamtenergiebedarf Deutschlands – privat, industriell und landwirtschaftlich – bei rund 2.400 Terawattstunden (TWh). Zum Vergleich: Eine Terawattstunde entspricht einer Milliarde Kilowattstunden, und ein durchschnittlicher deutscher Haushalt verbraucht im Jahr gut 17 000 Kilowattstunden. Nur rund 20 Prozent dieser enormen Energiemenge verbrauchen wir als Strom, von dem derzeit wiederum nur knapp die Hälfte durch Erneuerbare geliefert wird. Die meiste Energie nutzen wir als mecha-

nische Energie (39 Prozent), als Raumwärme und Warmwasser (27 Prozent) sowie als Prozesswärme (27 Prozent).

Um deutlich zu machen, wie herausfordernd die sogenannte sektorübergreifende Umstellung der Energieversorgung auf Strom tatsächlich ist, reicht ein Blick auf die Chemieindustrie. Sie benötigt heute zwar »nur« neun Prozent der gesamtdeutschen Energiemenge. Aber allein die Umstellung ihrer Prozesse und Produkte von Gas, Öl und Kohle auf grünen Strom würde bedeuten, dass 628 Terawattstunden Strom aus Erneuerbaren kommen müssten – das ist mehr Strom, als ganz Deutschland im Jahr 2018 aus fossilen und erneuerbaren Quellen insgesamt verbraucht hat.

Addiert man diese Menge zum heutigen Energiebedarf hinzu und berücksichtigt zudem den steigenden Bedarf durch E-Mobilität, Wärmepumpen oder die Erzeugung von »grünem Wasserstoff«, dann kommen manche Experten auf einen zu erwartenden Gesamtstromverbrauch in Deutschland von 1.850 Terawattstunden pro Jahr – gegenüber weniger als 500 Terawattstunden heute. Wollte man diese Menge zum Beispiel allein mit großen Windkraftanlagen erzeugen, die pro Stück fünf Megawatt Leistung bringen können, hieße das: Wir brauchen dazu eine Gesamtfläche von 215 000 Quadratkilometern. Das ist in etwa so viel wie die Landesfläche von Rumänien und weitaus mehr als die häufig zitierten zwei Prozent des deutschen Staatsgebietes, denn Deutschland ist alles in allem »nur« 357 000 Quadratkilometer groß. Das bedeutet, um die Energiewende zu schaffen, brauchen wir neben weiteren alternativen Energiequellen auch Energie-Importe, etwa in Form von grünem

oder auch »blauem« Wasserstoff (Näheres dazu in Kapitel 5); wir brauchen Energieeffizienz, neue Speichertechnologien ebenso wie Biomasse oder *Recycling-Loops* als Grundlage für Sekundärrohstoffe. Und bei alledem müssen wir gleichzeitig unsere Wettbewerbsfähigkeit als Volkswirtschaft erhalten.

Gelingen kann das nur, wenn wir ein umfassenderes Verständnis der Sektorkopplung entwickeln. Das gilt besonders für die Herausforderungen in Sachen Wärme- und Kälteproduktion.

Über die Hälfte unserer Energie fließt in diesen Sektor. Und die Hälfte davon wiederum benötigen wir für die Raumwärme. Auch hier bedeutet Sektorkopplung zunächst: Heizen mit (grünem) Strom – vor allem mit Hilfe von Wärmepumpen. Sie zeichnen sich durch besondere Effizienz aus und stehen nicht nur für Einfamilienhäuser und Wohnungen zur Verfügung, sondern als Großanlagen auch für gewerbliche Anwendungen. Aber ähnlich wie in der Chemieindustrie würde auch hier der Strombedarf enorm zulegen, wenn wir allein auf diese Option setzen wollten. Stattdessen sollten wir weniger starr auf die zielgenaue Erreichung bestimmter Grenzwertvorgaben schauen, sondern schnell und umfassend auch die Mittel nutzen, die vielleicht nicht die allerbesten sind, dafür aber konkrete und machbare Schritte nach vorne ermöglichen. In erster Linie zählt dazu die Nutzung von Gaskraftwerken und ihrer zugehörigen Infrastruktur. Denn sie sind keineswegs nur lästiges Übel, sondern vielmehr die Langzeitspeicher der Energiewende.

Mit ihrer Hilfe wird es möglich sein, »grüne« Energie

von dort, wo sie produziert wird, auch über große Entfernungen dahin zu bringen, wo sie – gegebenenfalls zeitversetzt – gebraucht wird. Am besten funktioniert das mit den sogenannten *Power-to-X*-Technologien. Mit dem Prinzip *Power-to-Gas* etwa lässt sich Gas erzeugen, das in den vorhandenen Speichern aufbewahrt und durch Verbrennung in Strom umgewandelt werden kann, wenn die regenerative Energieerzeugung selbst nicht ausreichend Strom liefert.

Ähnlich funktioniert das Prinzip *Power-to-H<sub>2</sub>*, wenn es darum geht, »grüne« Energie in Wasserstoff zu speichern. Oder *Power-to-Heat*: Dabei wird Strom in Wärme umgewandelt, gespeichert und nach Bedarf verteilt. Alternativ lässt sie sich direkt in das Wärmenetz einspeisen. So erhöht sich über flexible Kraft-Wärme-Kopplung bzw. Wärmenetzsysteme der Anteil CO<sub>2</sub>-neutraler Wärme in den Städten. Auch Wärme aus Industriebetrieben, aus solarthermischen Anlagen, aus Geothermie oder aus Großwärmepumpen kann über Wärmenetze an die angeschlossenen Kunden weitergegeben werden.

Und auch Biogas kann als nahezu CO<sub>2</sub>-neutraler Energieträger einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Dazu muss es, ebenso wie synthetisches Gas, in die bestehende Erdgasinfrastruktur eingespeist und dort gespeichert werden. So kann es die tages- oder jahreszeitlichen Schwankungen bei der erneuerbaren Erzeugung ausgleichen.

Das Potenzial ist dabei beträchtlich, wird aber bisher kaum ausgeschöpft. Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft in Deutschland (BDEW) schätzt, dass

schon im Jahr 2030 10,3 Milliarden Kubikmeter Biomethan pro Jahr (das entspricht rund 100 Terawattstunden) in das deutsche Gasnetz fließen könnten. Einzige Voraussetzung: Ein Großteil der bestehenden Biogasanlagen muss auf diese Einspeisung umgerüstet werden. Und durch den Import von nachhaltig erzeugtem Biogas lässt sich der Anteil dieser Energieform an unserer Wärmebewirtschaftung noch weiter erhöhen.

Last, but not least leisten auch Brennstoffzellen einen spürbaren Beitrag zum Klimaschutz. Das gilt zwar besonders dann, wenn man sie mit grünem Wasserstoff betreibt. Aber auch eine mit herkömmlichem Erdgas betriebene Brennstoffzelle liefert Wärme und gleichzeitig Strom bei bis zu 50 Prozent weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen, verglichen mit herkömmlicher Erdgas-Brennwerttechnik.

Wer also die Energiewende nicht nur als Stromwende, sondern auch als Wärmewende anstrebt, der tut gut daran, all diese technologischen Optionen in gleicher Weise zu fördern und offen zu halten. Denn: Mit dem Wissen von heute lässt sich nicht eindeutig entscheiden, welche Lösung sich am Ende als die effizienteste und praktikabelste durchsetzen wird. Statt wie früher Elektronen und Moleküle als Gegner zu sehen, braucht die Energiewende das sinnvolle Miteinander – Stichwort: Sektorkopplung.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für den Verkehrssektor. Denn neben Strom und Wärme gehört zur Energiewende auch die Mobilität. Und auch hier setzen wir bisher fast ausschließlich auf E-Autos, also ebenfalls auf die direkte Verwendung von Strom. Schätzungsweise um rund 80 bis

120 Terawattstunden wird der Strombedarf dadurch bis 2050 steigen. Alternative Kraftstoffe wirken sich auf diese Bilanz nicht entlastend aus, da auch sie nur durch höheren Stromeinsatz gewonnen werden können.

Trotzdem muss ihr Potenzial vor allem mit Blick auf den Schwerlastverkehr und die Flugzeuge stärker genutzt werden, denn batterieelektrisch lassen sich Airbus und Co, genau wie Schiffe oder große Lkw, nur schwer (im wahrsten Sinne) betreiben. Und solange diese Kraftstoffe nicht vollständig klimaneutral gewonnen werden können, gilt auch hier: Nutzung der fossilen Optionen, die am wenigsten Schaden anrichten. Auch ein Lkw, der mit Wasserstoff betankt wird, den man zuvor unter Einsatz von Erdgas gewonnen hat, emittiert rund 13 Prozent weniger CO<sub>2</sub> als sein klassischer Diesel-Kollege. Mit der Nutzung dieser Technologien aber lernen wir täglich hinzu und kommen schneller ans Ziel: die vollständig klimaneutrale Gewinnung von alternativen Kraftstoffen (siehe dazu auch Kapitel 5).

Ähnliches gilt für die Luftfahrt: Hier sind nachhaltige Flugkraftstoffe, sogenannte *Sustainable Aviation Fuels*, abgekürzt SAFs, der entscheidende technologische Schlüssel für nachhaltigeres Fliegen. Denn anders als herkömmliches Kerosin wird SAF ohne fossile Ausgangsmaterialien hergestellt und erfüllt zusätzlich weitere Kriterien der Nachhaltigkeit. Es ist kompatibel mit fossilem Kerosin und kann diesem problemlos beigemischt werden. Außerdem muss man weder am Flugzeug noch an der Infrastruktur etwas verändern, um mit SAFs zu fliegen. Hergestellt werden sie aktuell aus biogenen Reststoffen und haben im Vergleich zu

herkömmlichem Kerosin einen rund 80 Prozent geringeren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

Klingt also verlockend. Allerdings gibt es ein Problem: Nur rund 0,1 Prozent des weltweit benötigten Treibstoffbedarfs der Branche kann aktuell mit SAF abgedeckt werden. Würde allein die Lufthansa Group alle derzeit verfügbaren SAF-Mengen einsetzen, so könnte sie damit nur knapp zwei Wochen fliegen.

Trotzdem beziehungsweise gerade deshalb sollten wir im Zeichen der Technologieoffenheit die Sache weiterverfolgen und voranbringen. Ebenso übrigens wie die Einführung von Flugkraftstoffen aus nicht-biogenen Ausgangsmaterialien. Stichwort: *Power-to-Liquid* (PtL) und *Sun-to-Liquid* (StL). Weil diese Technologien perspektivisch die wichtigsten und wirkungsvollsten Hebel für die Dekarbonisierung des Luftverkehrs sind, sollten wir alles dafür tun, dass Angebotsmengen und Verfügbarkeit schnellstmöglich und signifikant steigen – inklusive entsprechender Förderstrategien aus der Politik.

Bei der Frage, welche alternativen Energieträger für die Energiewende wichtig sind, müssen wir neben der Verfügbarkeit auch die Bezahlbarkeit im Blick behalten, die nach heutigem Stand gerade im Flugverkehr nicht gegeben ist. Selbstverständlich werden Skaleneffekte eine Kostenreduktion bewirken, doch letztendlich muss der Markt darüber entscheiden, welcher Energieträger sich wo und wann durchsetzt und nicht ein Subventionsregime.

Auf batterieelektrische und rein strombasierte Lösungen jedenfalls können wir in der Luft noch weniger bauen

als am Boden. Hier wie dort bleiben wir auf längere Sicht auf andere Energieträger angewiesen, am Boden u. a. auf Gas. Denn nur so schaffen wir dort Versorgungssicherheit, weil wir mit Gas sowohl temporär überflüssigen Strom aus erneuerbaren Quellen speichern als auch per klassischer Stromerzeugung die Kapazitätslücken schließen können, die sich angesichts der bevorstehenden Verbrauchserhöhung zwangsläufig ergeben werden. Erst nach und nach werden wir dann von Erdgas zum Beispiel auf grünen Wasserstoff umsteigen und sukzessive auch die Gaskraftwerke klimaneutral machen.

Begleitet werden muss dieser Prozess jedoch schon jetzt von einer entschlossenen Erweiterung und Digitalisierung unserer Netze. Denn ganz gleich, wie erfolgreich wir in unseren Anstrengungen zur Dekarbonisierung sein werden – ohne eine deutliche Steigerung unserer Energieeffizienz können wir die Energiewende nicht schaffen. Die Digitalisierung unserer Netze ist dafür entscheidend. Denn die neue Energiewelt ist dezentral. Statt einzelner großer Kraftwerke werden immer mehr kleine »digitale Kraftwerke« Energie für das Netz produzieren. Jedes mit PV-Modulen gedeckte Dach, jeder Windpark und jede Biogasanlage fungiert als Kraftquelle für das Energienetz.

Um hier Strom ins Netz einspeisen zu können, braucht es bundesweit einheitliche Standards, vor allem aber die Möglichkeit, die Energieflüsse witterungsangepasst und bedarfsgerecht zu steuern: Durchleitung von grünem Strom bei Sonnenschein und Wind und Füllung von Energiespeichern, wenn die Produktion den Bedarf sogar übersteigt. Und auf

der Verbraucherseite angepasste Stromentnahmen je nach Netzauslastung. Durch verlangsamtes Laden der E-Autos in einer Wohnstraße zum Beispiel können lokale Überlastungen vermieden werden, ohne dass den Verbrauchern ein spürbarer Komfortnachteil entsteht. Das Problem in Deutschland: Einer solch weitreichenden Vernetzung von Produzenten- und Verbraucherdaten innerhalb einer flexiblen Netz-IT stehen erhebliche Bedenken aus dem Datenschutz sowie andere eher bürokratische Hindernisse entgegen.

Bestes Beispiel sind die Diskussionen um die Einführung sogenannter *Smart Meter*. Dabei handelt es sich um kleine Geräte, die in bestimmten privaten und öffentlichen Gebäuden den herkömmlichen Heizungsähler ersetzen. Sie bestehen aus zwei Elementen: einem digitalen Stromzähler und einem Kommunikationsmodul, das die Datenübertragung ermöglicht. Das intelligente Messsystem ermittelt den Stromverbrauch, speichert und verarbeitet die Daten. Der Messstellenbetreiber baut die neuen Stromzähler ein, wartet sie und übermittelt die Daten unter anderem an den Stromversorger und den Netzbetreiber. Denn ohne diese Daten wird eine flexible und sinnvolle Digitalsteuerung der Stromnetze in Zukunft nicht möglich sein.

Doch obwohl das auch in Deutschland alle wissen, brauchen wir innerhalb der EU am längsten, erreichen am wenigsten und geben am meisten Geld aus. Die Gründe dafür liegen einmal in einem ziemlich komplizierten Gesetz sowie in einer zwischen Vertrieb, Netzbetreiber und Messstellenbetreiber nicht harmonisierten IT-Landschaft. Der Hauptgrund aber liegt in den behördlichen Prozessen.

Da ist einmal das Bundessicherheitsamt für Informationstechnik (BSI). Es muss die *Smart Meter* auf den höchstmöglichen Sicherheitsstand hin prüfen. Das aber dauert bis zu drei Jahre. In der Zwischenzeit gibt es in der schnelllebigen Welt der Technologie mit Sicherheit neue Fakten. Also muss die Prüfung neu aufgenommen werden. Das BSI hat daher einen großen Anreiz, nicht zu entscheiden.

Ein weiteres behördliches Problem hat mit den Updates zu tun, die für *Smart Meter* wie für Mobiltelefone alle zwei bis drei Monate nötig sind. Allerdings müssen diese Updates im Falle der *Smart Meter* anders als bei den Handys ebenfalls von den Eichbehörden abgesegnet werden. Und zwar nicht von einer, sondern von 16. Schließlich leistet sich Deutschland in jedem Bundesland je ein Eichamt. Vor diesem Hintergrund dürfte klar sein: Tempo in Sachen Energiewende macht man so nicht.

Das gilt auch für die dringend notwendige Beschleunigung beim Ausbau und der Modernisierung der Netze selbst. Auch hier bremst die Bürokratie, statt entschlossen Richtung Energiewende zu steuern. Konkret benötigen wir in Deutschland geschätzt einen Ausbau des Übertragungsnetzes um rund 14 000 Kilometer, wenn wir die Anforderungen der Energiewende schultern wollen. Fertiggestellt sind davon aber Stand heute erst rund 1.300.

Woran das liegt, macht ein Beispiel deutlich: Die E.ON-Tochtergesellschaft Avacon brauchte zehn Jahre für die gerichtliche Freigabe zur Erneuerung einer bestehenden Stromleitung. 200 000 Kunden hängen mit ihrer Stromversorgung von dieser Leitung ab. Aber weil zwei Klagen dagegen ein-

gereicht worden waren, mussten sie sich zehn Jahre lang gedulden, bis die Verstärkung vorhandener Leitungen endlich rechtskräftig genehmigt war und kein Rückbau mehr drohte. Und auch die großen Stromtrassen, die wir dringend brauchen, um Elektrizität aus dem windreichen Norden in den Süden zu bringen, sollten eigentlich schon 2022 fertig sein. Aber erst im Januar 2023 genehmigte die Bundesnetzagentur einen Antrag auf »vorzeitigen Baubeginn«.

Kaum besser sieht es in den Städten aus. Sie benötigen dringend stärkere Stromleitungen – besonders für die Besitzer von Wärmepumpen und Elektroautos, denn die müssen bislang Notabschaltungen fürchten, weil das existierende Netz weder ausreichende Kapazitäten noch genügend digitale Flexibilität bietet. Gleichzeitig müssten neben den Stromnetzen auch die Fernwärmeverbindungen ausgebaut werden, ebenso wie die Infrastruktur für Wasserstoff. Nur wenn auch dabei möglichst schnell Klarheit geschaffen wird, hat die Industrie Planungssicherheit und kann sich auf die Umstellung ihrer Prozesse von herkömmlichem Gas auf Wasserstoff vorbereiten.

Doch während Länder wie Saudi-Arabien bereits dabei sind, große Anlagen zur Produktion von grünem Wasserstoff aufzubauen, geht die Entwicklung bei uns in einem Tempo voran, in dem die Energiewende nicht gelingen kann – zumindest nicht rechtzeitig. Einen Wettbewerb gewinnt man nicht, wenn man seinen Läufern Gewichte ans Bein bindet und von ihnen verlangt, dass sie während des Finallaufs noch lauter Pakete am Wegesrand zustellen sollen.

Bislang jedenfalls können die bestehenden Netze in

einigen Regionen nicht mehr zu jeder Zeit den Strom aus erneuerbaren Energien vollständig abnehmen und übertragen. In den Verteilnetzen nehmen nach Beobachtungen des Bundesumweltamtes Situationen zu, in denen die Spannungsgrenzwerte überschritten werden. Deshalb heißt es auch dort: »Innovative Konzepte sind erforderlich, um die Spannung dynamisch regeln zu können.« Stattdessen trägt die deutsche Volkswirtschaft die stattlichen Kosten von Energie-Engpässen, die im Netz immer wieder auftreten. Dadurch verursachte Entschädigungsansprüche, Abruf- und Vorhaltekosten summierten sich allein 2022 auf mehr als vier Milliarden Euro.

Schon deshalb gilt es, die Netzinfrastruktur zu optimieren und zu verstärken, um die vorhandenen Übertragungskapazitäten zu erhöhen und/oder effizienter zu nutzen. Dazu und zur Flexibilisierung der Netze gibt es eine Reihe von Technologien. Moderne Speicher zählen ebenso dazu wie die Verknüpfung dezentraler Anlagen zu virtuellen Kraftwerken oder der Aufbau »intelligenter« Netze, um Erzeugungsanlagen, Netzkomponenten, Speicher und Verbraucher aufeinander abgestimmt zu steuern. Je besser das gelingt, umso weniger Trassen müssen neu gebaut werden. Und zwar nicht nur bei uns in Deutschland, sondern europaweit. Es ist deshalb gut, dass die Modernisierung der Netze auch im energetischen Lastenheft der EU festgeschrieben ist: Das europäische Verbundnetz ist dafür auszubauen. Und ein übergreifendes Netz (*Overlay-Netz*), das Großprojekte oder Regionen großräumig verbinden soll, könnte dabei zukünftig das europäische Drehstromnetz zusätzlich ergänzen.

Im Idealfall funktioniert es so, wie es das Projekt »e-HIGHWAY 2050« vorsieht: mit einer neuen Methodik zur Planung eines paneuropäischen *Supergrids* – den sogenannten *Electricity Highways*. Sie sollen für die Zeit bis 2050 entwickelt werden. Übertragungsnetzbetreiber, Forschungseinrichtungen, Universitäten, Industrieverbände und Nichtregierungsorganisationen arbeiten dafür zusammen und werden von der EU gefördert. Man kann nur hoffen, dass aus den dabei produzierten Ideen möglichst schnell praktische Politik wird. Denn ohne bessere Netze nutzt auch die klimafreundlichste Energieerzeugung nur wenig.