



THE MISSION

TRENDRADAR #6

ENERGY

BE EMPOWERED!



NACHHALTIGE ENERGIEERZEUGUNG UND ENERGIENUTZUNG

Was sind die Herausforderungen der Energiewende?

Welche Technologien prägen die Zukunft?

Wie können die Klimaziele eingehalten werden?

FUTURY

Deutsche Bank 

BAIN & COMPANY 



Handelsblatt
III MEDIA GROUP

Die zunehmende Technologisierung unseres Lebens, eine wachsende Weltbevölkerung, die Bedeutung einer nachhaltigen Versorgung – der Energiesektor befindet sich in einer tiefgreifenden Transformation.

Die nachhaltige Energiegewinnung und -versorgung war daher auch das Thema des sechsten Projektes der Initiative „The Mission“.

„The Mission“ ist eine Initiative für eine nachhaltige Zukunft, in der Unternehmen unterschiedlicher Branchen gemeinsam mit jungen Talenten an neuen Produkten und Geschäftsmodellen arbeiten. Ins Leben gerufen wurde die Initiative von Futury, einem Spin-off der Werte-Stiftung, Deutsche Bank, Bain & Company, PreZero und der Handelsblatt Media Group. Die konkrete Idee hinter „The Mission“: Studierende entwickeln in jeweils dreimonatigen Projekten zu einem von 12 Themenfeldern Prototypen für nachhaltige Produkte oder Geschäftsmodelle. Dabei arbeiten sie Hand in Hand mit Unternehmenspaten aus dem jeweiligen Themenfeld, um alle Lösungen praxistauglich zu gestalten und in die konkrete Umsetzung zu überführen. Bei „Energy – Be Empowered!“ sind dies Uniper, Techem, Siemens, Vonovia, Kraftwerk, Wisag, Ecolog, Liqui Moly und Schaeffler.

Auf die Teilnehmenden von Top-Universitäten aus der ganzen Welt wartete ein straffes Programm: Design Thinking, agile Arbeitsmethoden, Projektorganisation, Kommunikationsstrategien – die Talente durchliefen ein strukturiertes Curriculum vor Projektstart. Die fünf Teams arbeiteten im Rahmen des Projektes an unterschiedlichen Segmenten der Energieversorgung – von dezentralen Verteilmodellen bis zur effizienten Versorgung von Gebäuden.

Besuchen Sie unsere Initiative

THE MISSION

auch online unter

Handelsblatt.com/themission

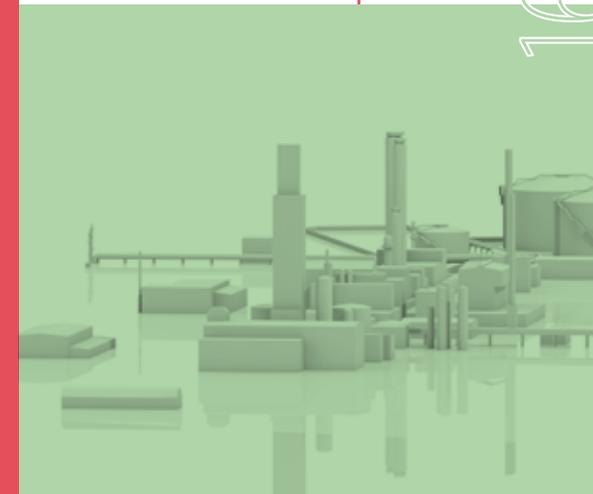
04 VORWORT



THE TIME IS NOW

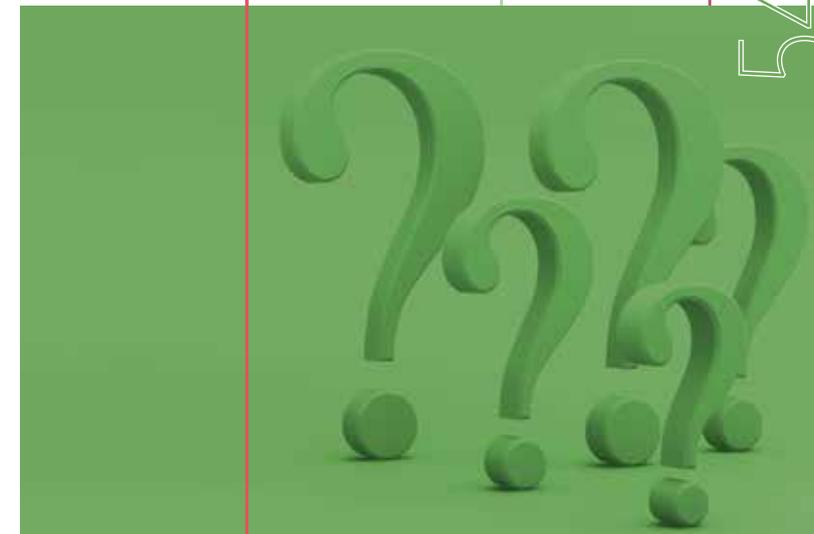
Die Folgen des Klimawandels werden immer deutlicher sichtbar, der Handlungsdruck steigt. Alle Sektoren stehen vor großen Herausforderungen, um die Energiewende zu schaffen.

06 SHAPING THE FUTURE



Wie sieht die Energieerzeugung der Zukunft aus? Wie wird die Energie verteilt und genutzt? Welche Rolle spielen politische Rahmenbedingungen und gesellschaftliche Erwartungen?

05 ZUKUNFTSSZENARIEN



Business as usual oder kraftvoller Aufbruch in eine nachhaltige Zukunft? Wie entwickelt sich der Energiesektor in den kommenden Jahren?

INDEX



Klaus Dieter Maubach,
CEO, Uniper

uni
per

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich freue mich, Sie als Leserinnen und Leser des Trendradars begrüßen zu dürfen.

Wir stehen aktuell vor der größten Herausforderung der vergangenen Jahrzehnte. Wir müssen sauber und nachhaltig wirtschaften und gleichzeitig das Industrieland Deutschland mit sicherer Energie versorgen. Vor allem müssen wir aber beides vereinbaren, ohne die Menschen zu überfordern. Wir alle sind der Schlüssell in der Transformation, hin zu einem klimaneutralen Energiesektor. Dabei tragen wir nicht nur die Verantwortung für uns selbst, sondern auch für die folgenden Generationen. Dessen müssen wir uns bewusst sein. Wir dürfen nicht stillstehen, sondern müssen mutig voranschreiten.

Umso beeindruckter bin ich von der Innovationsfreude, dem Entwickleregeist und der Kreativität, mit der meine Kolleginnen und Kollegen aus der Energiewirtschaft die Transformation vorantreiben. Selten habe ich eine solche Aufbruchstimmung in der Vergangenheit beobachten können.

Dieser Weg muss jetzt gegangen werden – und zwar mit dem nötigen Pragmatismus. Evolution statt Revolution. Kohle muss durch Gas ersetzt werden. Gas müssen wir Schritt für Schritt dekarbonisieren. Gas und Wasserstoff

müssen dafür in allen Farben genutzt werden. Parallel werden Anlagen im Bereich der Renewables konsequent ausgebaut – hierfür brauchen wir die richtigen Rahmenbedingungen. Marktwirtschaftliche Systeme wie das Europäische Emissionshandelssystem sind dafür der richtige Anreiz. Der Wettbewerb wird uns auch hier weiterbringen. Nur so werden wir Fortschritte machen, ohne die sichere Energieversorgung aufs Spiel zu setzen.

Die Klimaneutralität ist für viele heute noch ein schwer greifbares Ziel. Umso wichtiger ist es aber, dass die Energiewende nicht als Kostentsunami daherkommt. Wenn die Energiekosten ins Unermessliche steigen, verlieren wir unsere Legitimation und damit unsere "Licence to operate".

Lassen Sie uns gemeinsam antreten, die Menschen und unsere Wirtschaft mit nachhaltiger und bezahlbarer Energie zu versorgen und die Dekarbonisierung vor die Gewinnmaximierung zu stellen. Mit der Innovationskraft meiner Kolleginnen und Kollegen, den richtigen Rahmenbedingungen und Handlungsspielräumen für Unternehmen bin ich mehr als zuversichtlich, dass uns die Energiewende gelingen wird.

Ich wünsche Ihnen nun einen spannenden Blick in den Maschinenraum der Energiewende.

Ihr Klaus Dieter Maubach

techem

Matthias Hartmann,
CEO, Techem



Die Trendwende im Kampf gegen den Klimawandel kann nur gemeinsam gemeistert werden, so viel steht fest. Wer sich allerdings nur auf die CO₂-Vermeidung bei der Energieerzeugung konzentriert und Energieeffizienz außen vor lässt, denkt zu kurz. Für den Klimaschutz muss beides Hand in Hand gehen. Denn wir haben keine Zeit zu verlieren!

Wenn es um Klimaschutz geht, stehen viel zu häufig die offensichtlichen, emotionalen Themen im Vordergrund. Der Gebäudesektor hingegen wird in der Debatte immer noch zu oft vergessen. Dabei liegt hier ein sehr großes Einsparpotenzial. Sein Anteil am Energieverbrauch in Deutschland beträgt rund 35 Prozent. Zudem ist Klimaschutz im Gebäude ein sehr komplexes Thema. Wir müssen Emissionen vermeiden, indem wir auf erneuerbare Energien umsteigen. Gleichzeitig geht es darum, viele Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung zu nutzen. Denn mit grünen Energieträgern können wir zwar 50 bis 60 Prozent des CO₂-Ausstoßes vermeiden, es gibt aber nicht genügend Speicherinfrastrukturen oder aber Flächen für Photovoltaik oder Windkraft in Deutschland, um den prognostizierten Energiebedarf lückenlos aus regenerativen Energien sicherzustellen. Vielen Entscheider*innen ist das nicht klar. Wir brauchen also beides: deutlich mehr klimafreundlich erzeugte Energie und umfassende Lösungen, diese wirklich effizient zu nutzen.

Fakt ist: Ohne Digitalisierung wird es keine Energiewende geben. Das gilt natürlich für alle Sektoren. Vor allem aber muss die Digitalisierung bei gleichzeitiger Technologieoffenheit in der Immobilienbranche vorangebracht werden. Der Gebäudesektor muss endlich spürbar durch smarte und geringinvestive Technologien die Umwelt entlasten. Die Urbanisierung und eine wachsende Erdbevölkerung fordern neue Konzepte und mehr städtische Wohnfläche. Gleichzeitig führen Digitalisierung und veränderte Mobilität zu neuen Formen von Interaktionen und Vernetzung in der On- und Offline-Welt. Dies geht aber nur in Zusammenarbeit und Kollaboration in einem gemeinsamen, datenbasierten Ökosystem, das auch andere Marktteilnehmer und partnerschaftliche Kooperationen mit einbezieht.

Daher suchen auch wir immer wieder aktiv den Zugang und die Nähe zu Talenten mit disruptiven Ideen wie im Rahmen von The Mission. Denn Klimaschutz hat Priorität, für uns Menschen und für unseren Planeten. Wir müssen jetzt die Weichen für morgen stellen. Für uns, aber auch für die nachfolgenden Generationen muss unser Umgang mit Energie schonender und nachhaltiger sein.

VOR WORT

THE TIME IS

NOW



1,5° C

„Klima ist ein globales Thema und deshalb ist auch die Energiewende eine globale Herausforderung. Es muss eine intensivere globale Koordination geben.“

Andreas Schick,
Chief Operating Officer,
Schaeffler



Alarmstufe Rot für das Weltklima

Die menschengemachte Erderwärmung hat immer extremere Folgen. Beispiele dafür sind Starkniederschläge, Hitzewellen, Dürren, Wirbelstürme sowie das Abschmelzen der Gletscher und Polkappen. Der aktuelle Bericht des Weltklimarats (IPCC) vom August 2021 beschreibt dies unmissverständlich. Demnach ist die globale Durchschnittstemperatur seit Mitte des 19. Jahrhunderts durch den Ausstoß von insgesamt 2,4 Billionen Tonnen CO₂ bereits um etwa 1,1 Grad Celsius angestiegen. Aktuell sei die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre höher als zu irgendeinem anderen Zeitpunkt seit mindestens zwei Millionen Jahren. Für das Klima bedeutet dies: „Alarmstufe Rot“. So fasste es UN-Generalsekretär António Guterres nach der Veröffentlichung des IPCC-Gutachtens zusammen.

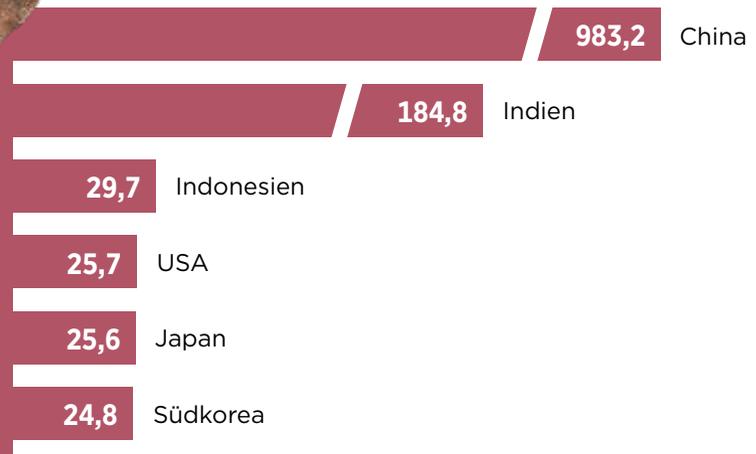
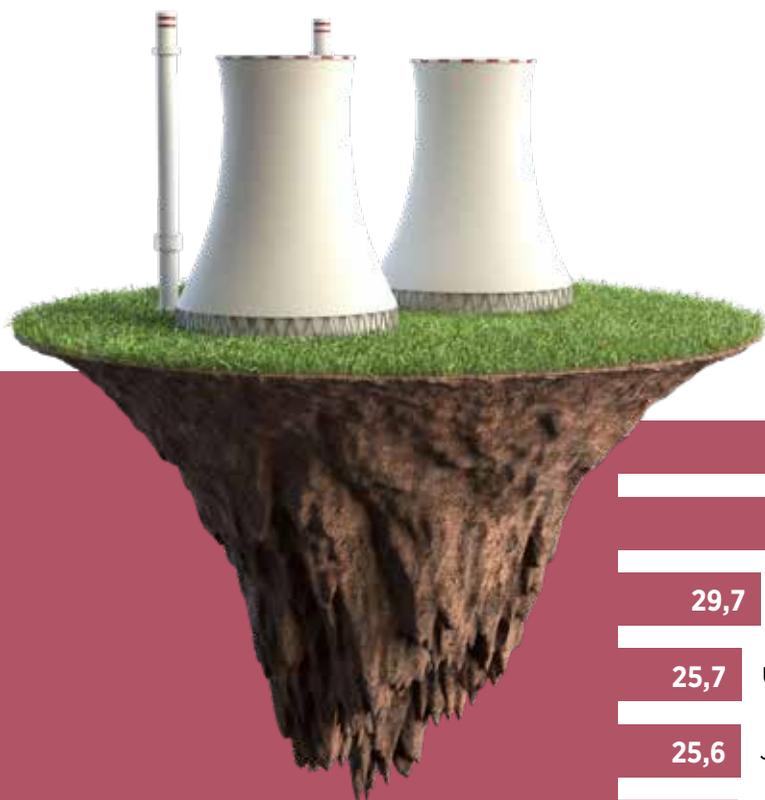
Folglich wird das Zeitfenster immer kleiner, um den globalen Temperaturanstieg bis 2100 deutlich unter zwei Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten zu halten – und nach Möglichkeit auf 1,5 Grad zu begrenzen. Das ist die Zielsetzung des Pariser Klimaschutzabkommens, auf das sich die Weltgemeinschaft beim UNO-Gipfel 2015 geeinigt hat. Bei einer Erderwärmung um 1,5 Grad Celsius gelten die resultierenden Extremwetterlagen als gerade noch beherrschbar.

Um das Pariser Klimaziel einzuhalten, dürften jedoch seit 2020 nur noch rund 400 Milliarden Tonnen an CO₂-Äquivalenten in die Atmosphäre gelangen. Da sich die globalen Treibhausgasemissionen derzeit auf mehr als 40 Milliarden Tonnen im Jahr belaufen, wäre dieses Budget ohne ein schnelles und entschiedenes Einlenken bereits vor dem Ende des Jahrzehnts verbraucht. Laut IPCC müssen die Treibhausgasemissionen ab sofort sinken und spätestens im Jahr 2050 eine Netto-Null-Bilanz erreichen. Zusätzlich zu den ambitionierten Emissionsminderungen sollte Kohlenstoffdioxid spätestens ab der zweiten Hälfte des Jahrhunderts aktiv aus der Atmosphäre entfernt werden.

Startschuss für eine globale Energiewende?

Der aktuell größte Treibhausgasemittent ist China mit jährlich rund einem Viertel der weltweiten Gesamtmenge an CO₂-Äquivalenten, gefolgt von den USA mit etwa 18 Prozent. Auch die EU ist pro Jahr für 17 Prozent der Emissionen verantwortlich, wobei der Einzelbeitrag Deutschlands bei gut 2 Prozent liegt. Angesichts eines Anteils von rund 1,2 Prozent an der Weltbevölkerung ist der Pro-Kopf-Ausstoß von Kohlenstoffdioxid in Deutschland damit jedoch nach wie vor höher als in China.

Insgesamt zeigt China in Bezug auf die Energiewende ein äußerst zwiespältiges Bild. Einerseits setzt das Land weiterhin stark auf die Kohleverstromung. Rund 51 Prozent der weltweit installierten Kohlekraftwerkskapazität von fast 2.100 Gigawatt befinden sich in China – Tendenz steigend, da der Ausbau entgegen dem globalen Trend fortgesetzt wird. So hat China in der Zeit von 2000 bis Juli 2021 neue Kohlekraftwerke mit einer Leistung von rund 983 Gigawatt in Betrieb genommen. Zum Vergleich: Die Kapazität aller in Betrieb befindlichen Atomkraftwerke weltweit beträgt etwa 392 Gigawatt.



Zubau neuer Kohlekraftwerke weltweit, Leistung in GW, 2000 bis Juli 2021

Quelle: Global Coal Plant Tracker

Andererseits investiert China mehr als jedes andere Land in die Energiewende. Dies ergibt eine aktuelle Erhebung von BloombergNEF. Demnach hat China im Jahr 2020 rund 135 Milliarden US-Dollar für erneuerbare Energien, die Elektrifizierung des Verkehrs und der Wärmeversorgung, Energiespeicher, CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CSS) sowie Wasserstofftechnologien ausgegeben. Dies beinhaltet sowohl private als auch öffentliche Investitionen. Deutschland liegt an dritter Stelle dieses Rankings, hinter den USA. Im Vergleich zum Vorjahr sind die weltweiten Investitionen in die Energiewende im Jahr 2020 um rund neun Prozent auf 501 Milliarden US-Dollar angestiegen. Zehn Jahre zuvor betragen sie noch lediglich 235 Milliarden US-Dollar.

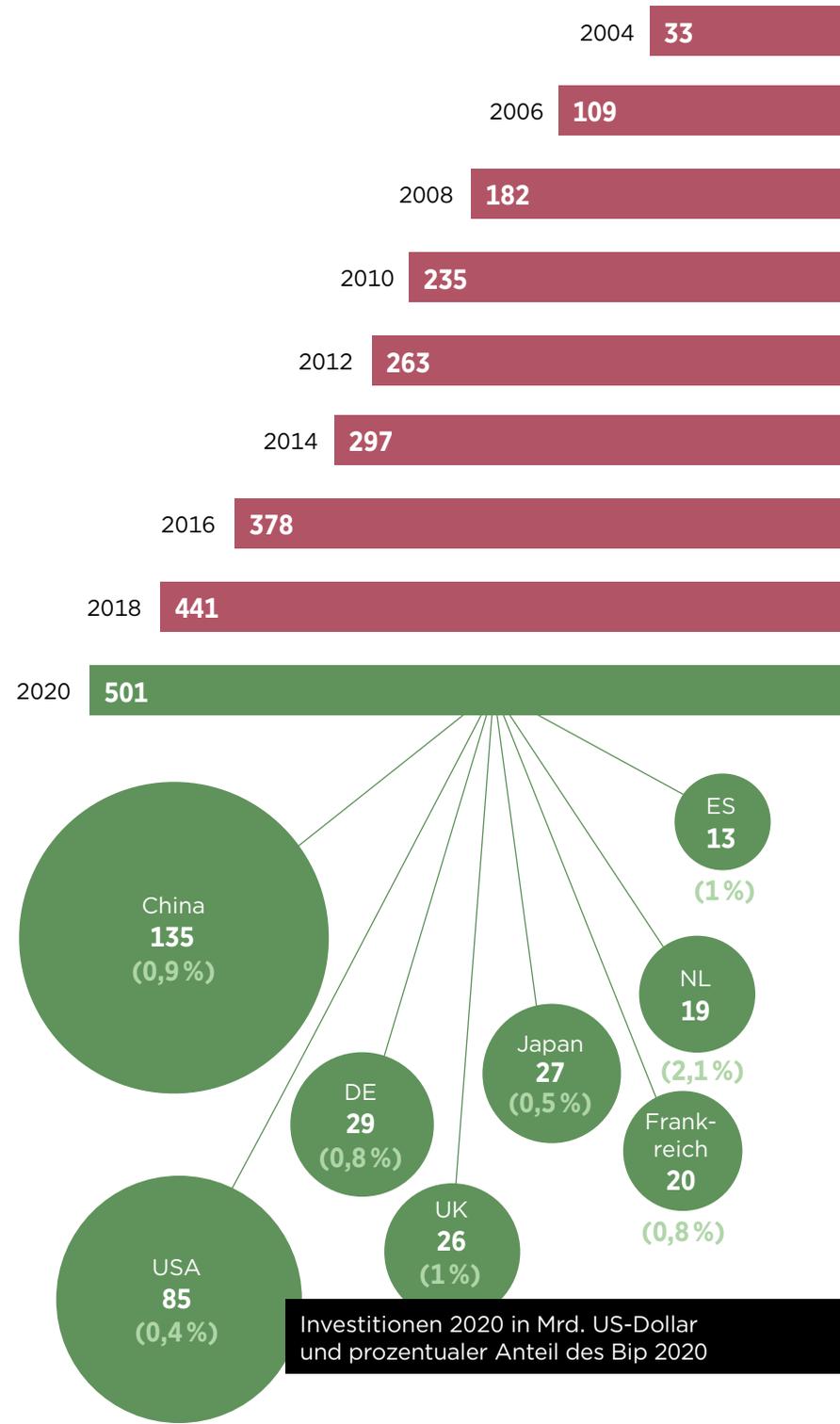
Die USA sind im Kampf gegen die Erderwärmung in den letzten Jahren einen Schlingerkurs gefahren. Nachdem sein Vorgänger Donald Trump das Pariser Klimaabkommen einseitig aufgekündigt hatte, machte der aktuelle Präsident Joe Biden nach seinem Amtseintritt diese Entscheidung wieder rückgängig. Beim virtuellen Klimagipfel im April 2021 sendete er das Signal, dass die USA die Energiewende aktiv vorantreiben werden und dabei künftig eine Führungsrolle übernehmen wollen. Dabei müssen jedoch besonders im eigenen Land große politische und gesellschaftliche Widerstände überwunden werden.

Mit dem „European Green Deal“ will die EU-Kommission das Pariser Klimaschutzabkommen in die Praxis umsetzen und Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent machen. Der im Juli 2021 vorgelegte Fahrplan „Fit for 55“ soll konkretisieren, wie die

Globale Investitionen* in die Energiewende, in Mrd. US-Dollar

* Investitionen in Erneuerbare Energien, Elektrifizierung von Verkehr und Wärme, Energiespeicherung, CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS) sowie Wasserstoffwirtschaft

Quellen: BloombergNEF, IWF



Investitionen 2020 in Mrd. US-Dollar und prozentualer Anteil des BIP 2020

EU den Ausstoß von **Treibhausgasen** bis 2030 um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Referenzjahr 1990 verringern wird. Zuvor betrug das mittelfristige Reduktionsziel der EU 40 Prozent. Das vorgelegte Maßnahmenpaket ist detailliert, allerdings muss es noch das Europaparlament und den Europäischen Rat passieren, bevor es in Kraft treten kann. In diesen Verhandlungen wird es aufgrund der unterschiedlichen Interessen voraussichtlich noch zu großen Veränderungen kommen.

Eingefahrene Entwicklungspfade haben starke Beharrungstendenzen – die negativen Reaktionen auf den Vorstoß der EU-Kommission aus Wirtschaft und Gesellschaft sowie aus einzelnen EU-Mitgliedsländern haben dies einmal mehr belegt. Ob der lautstarke Weckruf des Weltklimarats die internationalen Staats- und Regierungschefs auch tatsächlich wachrüttelt, werden die Ergebnisse des UN-Klimagipfels in Glasgow vom November 2021 zeigen. Die Zeichen stehen noch nicht auf „Grün“.

Ambitionierte Ziele und strukturelle Defizite in Deutschland

Die deutsche Bundesregierung hat im März 2021 das Tempo ihrer Klimaschutzpolitik deutlich hochgefahren. Grund war ein Urteil des Bundesverfassungsgerichts, das die fehlende Generationengerechtigkeit des im Jahr 2019 beschlossenen Klimaschutzgesetzes (KSG 2019) angemahnt hatte. Laut novelliertem Klimaschutzgesetz (KSG 2021) soll Deutschland nun bereits bis 2045 faktisch klimaneutral sein – fünf Jahre früher, als es ursprünglich geplant war und als es das Pariser Abkommen verlangt. Bis dahin sollen die Treibhausgasemissionen gegenüber dem Jahr 1990 um mindestens 95 Prozent verringert werden.

Treibhausgase sind diejenigen gasförmigen Bestandteile in der Atmosphäre, welche thermische Infrarotstrahlung absorbieren und wieder ausstrahlen. Diese Eigenschaft verursacht den Treibhauseffekt. Wasserdampf (H₂O), Kohlendioxid (CO₂), Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) und Ozon (O₃) sind die Haupttreibhausgase in der Erdatmosphäre. Außerdem gibt es eine Vielzahl von ausschließlich vom Menschen produzierten Treibhausgasen in der Atmosphäre, wie die Halogenkohlenwasserstoffe.

Quelle: IPCC, Umweltbundesamt

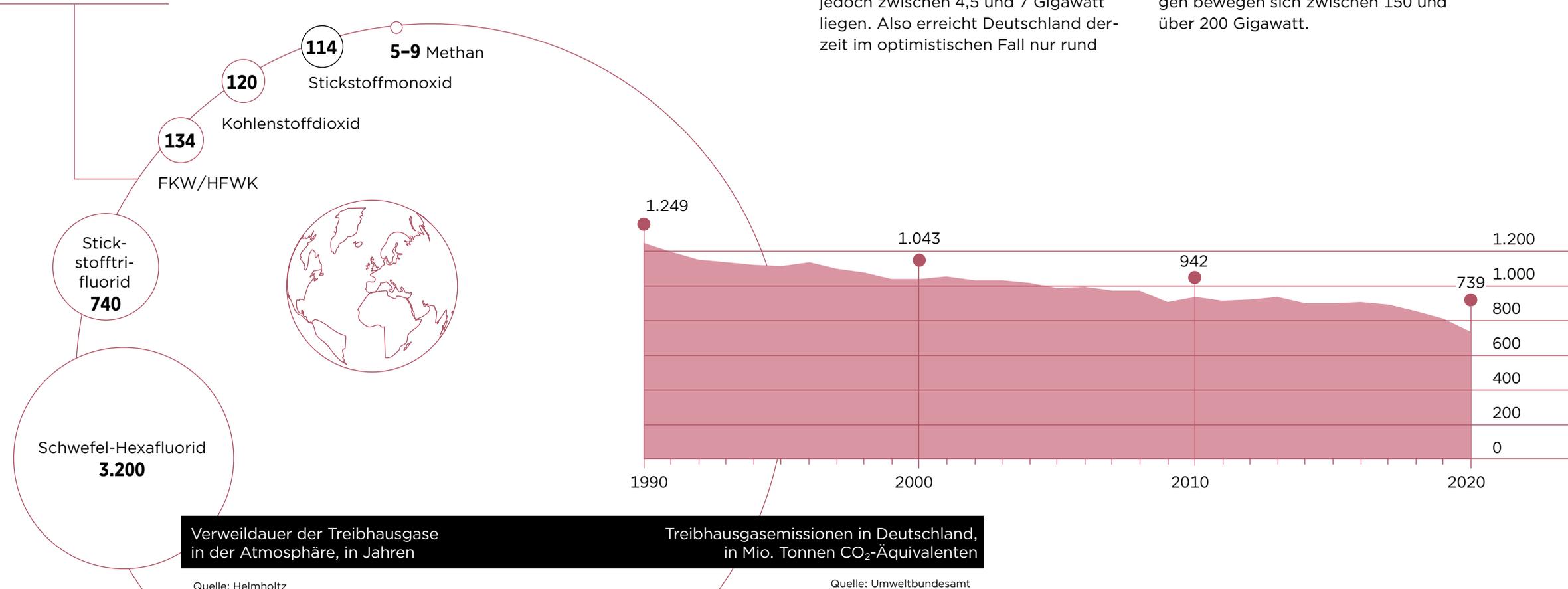
Insgesamt sind die Treibhausgasemissionen in Deutschland im Jahr 2020 um fast neun Prozent auf rund 739 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente zurückgegangen. Dieser Wert liegt knapp 41 Prozent unterhalb des Niveaus von 1990. Damit wurde die Gesamtvorgabe der Bundesregierung von minus 40 Prozent erfüllt. Jedoch dürfte dies nur ein kurzfristiger Lichtblick für den Klimaschutz gewesen sein, der zum Großteil auf die Coronapandemie zurückzuführen ist – insbesondere was Energiewirtschaft, Industrie und Verkehr betrifft. Denn der Rückgang der deutschen Wirtschaftsleistung betrug 2020 aufgrund von Shutdowns und Lieferengpässen etwa fünf Prozent gegenüber dem Vorjahr. Ohne diese Ausnahmesituation wäre das Reduktionsziel voraussichtlich verfehlt worden. Und mit der konjunkturellen Erholung der Volkswirtschaft dürften auch die CO₂-Emissionen wieder zunehmen.

So kündigt sich bereits an, dass der klimapolitische Erfolg des Vorjahres im laufenden Jahr nicht fortgesetzt werden kann. Denn während 2020 die größte Reduktion von Treibhausgasemissionen seit der deutschen Wiedervereinigung verzeichnet wurde, prognostiziert der Thinktank Agora Energiewende mit einem Plus von 47 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten für 2021 den höchsten jährlichen Anstieg in diesem Betrachtungszeitraum. Dabei handele es sich nicht nur um Nachholeffekte, sondern auch um strukturelle Defizite bei der Umsetzung der Energiewende.

Vor allem der Ausbau der erneuerbaren Energien bleibt seit Jahren hinter den Plänen zurück. Beispielsweise wurde seit 2017 hierzulande jährlich nur rund ein Gigawatt Onshore-Windenergiekapazität netto neu installiert. Je nach Expertenschätzung sollte dieser Wert jedoch zwischen 4,5 und 7 Gigawatt liegen. Also erreicht Deutschland derzeit im optimistischen Fall nur rund

20 Prozent des geforderten Ausbautempos. Die Gründe dafür sind vor allem Flächenrestriktionen, Akzeptanzprobleme in der Bevölkerung und die Tatsache, dass Großprojekte wegen der bürokratischen Hürden eine mehrjährige Vorlaufzeit benötigen.

Ein ähnliches Problem zeigt sich bei der Solarenergie, denn auch hier klaffen Anspruch und Wirklichkeit auseinander. Während die installierten Photovoltaikanlagen im Jahr 2020 eine Nennleistung von rund 53 Gigawatt aufgewiesen haben, soll diese Kapazität bis zum Ende des Jahrzehnts laut Plänen der Bundesregierung auf 100 Gigawatt nahezu verdoppelt werden – obwohl sich die Zubaurate in den letzten Jahren deutlich abgeflacht hat. Forscher und Interessenverbände gehen davon aus, dass bis 2030 sogar deutlich mehr Photovoltaik nötig sein wird, um die Klimaziele einzuhalten. Die Schätzungen bewegen sich zwischen 150 und über 200 Gigawatt.



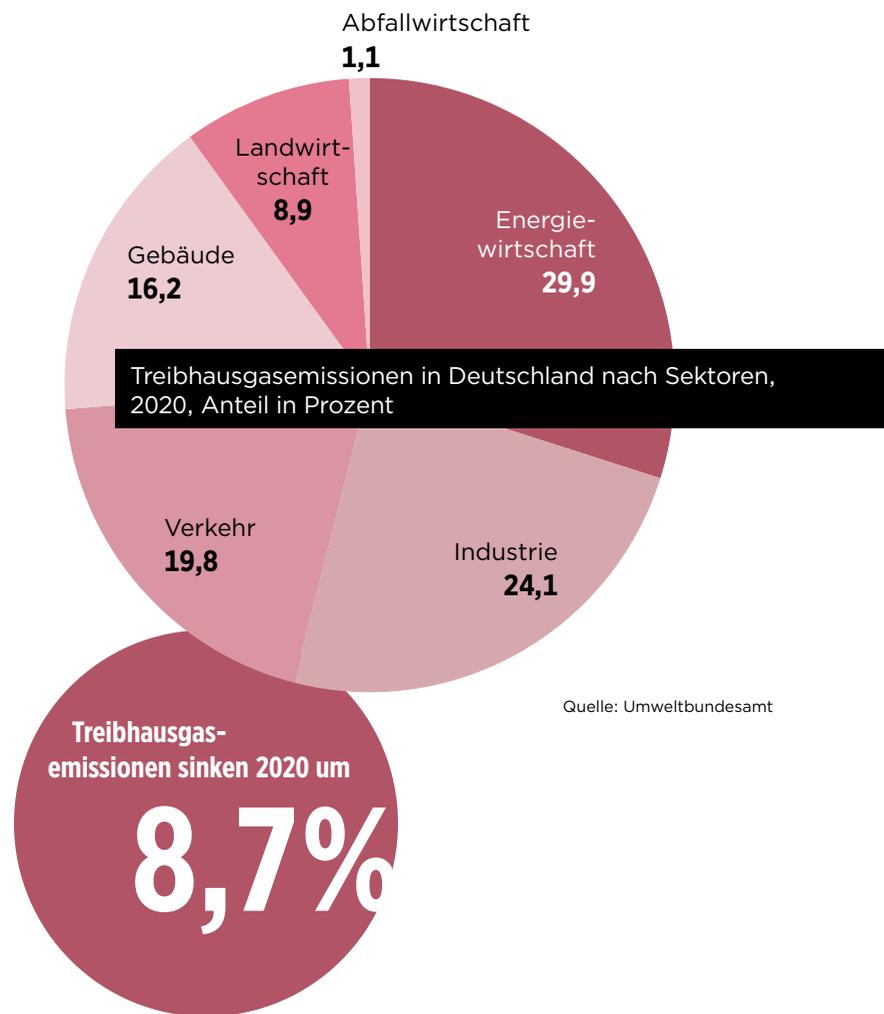
Quelle: Helmholtz

Quelle: Umweltbundesamt

Transformation als gesamtwirtschaftliche Aufgabe

Der Energiesektor hatte im Jahr 2020 mit rund 30 Prozent den größten Anteil am CO₂-Ausstoß in Deutschland, gefolgt vom verarbeitenden Gewerbe (24 Prozent), dem Verkehrssektor (20 Prozent), der Gebäudewirtschaft (16 Prozent) und der Landwirtschaft (9 Prozent). Somit stehen bei der Energiewende prinzipiell alle Wirtschaftsbe- reiche in der Verantwortung. Aber nicht nur der Zubau erneuerbarer Energien bleibt hinter den Erwartungen zurück, denn auch die Emissionen der Industrie und des Verkehrssektors haben in den letzten 10 Jahren annähernd stagniert. Und die Gebäudewirtschaft war die einzige Branche, die im Coronajahr 2020 trotz des allgemeinen Rückgangs der Treibhausgasemissionen ihre gesetzlich vorgegebene Messlatte gerissen hat.

Die Beschleunigung der Energiewende im Rahmen des novellierten Klimaschutzgesetzes (KSG 2021) stellt die deutsche Wirtschaft vor neue Herausforderungen. Insbesondere müssen bereits kurzfristig deutlichere Einschnitte vorgenommen werden im Vergleich zur ursprünglichen Gesetzesfassung (KSG 2019). Denn um das Ziel der Klimaneutralität um fünf Jahre vorzuziehen, ist schnelles und entschiedenes Handeln gefragt. Am stärksten betrifft dies laut den Plänen der Bundesregierung den Energiesektor, der bis 2030 seine CO₂-Emissionen gegenüber 2020 mehr als halbieren muss. Aber auch auf Industrie (minus 34 Prozent), Verkehr (minus 42 Prozent) und Gebäudewirtschaft (minus 44 Prozent) kommen bis zum Ende des Jahrzehnts große Aufgaben zu, um ihren CO₂-Abdruck zu reduzieren.



Eine Studie von Prognos, dem Öko-Institut und dem Wuppertal Institut vom Mai 2021 hält diesen neuen Emissionspfad für realistisch. Denn das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 könne „innerhalb der üblichen Investitions- und Lebenszyklen sowie unter Wahrung von Wirtschaftlichkeit und gesellschaftlicher Akzeptanz“ erreicht werden. Als Schlüsselfaktoren dafür werden die erneuerbaren Energien, die Wasserstoffwirtschaft, die Elektrifizierung des Verkehrs sowie die Gebäudesanierung identifiziert. In diesen Bereichen müsse das Engagement nun verstärkt werden.

Bei der Energiewende hat die Elektrifizierung von Prozessen, die bislang mit fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl und Erdgas befeuert wurden, einen besonderen Stellenwert: Von batterieelektrischen Fahrzeugen über den

industriellen Einsatz von Wasserstoff bis hin zu Wärmepumpen als Ersatz für Öl- oder Gasheizungen. Deshalb wird sich der Stromverbrauch in den kommenden Jahren unweigerlich erhöhen. Das Bundeswirtschaftsministerium geht für 2030 von einem Gesamtbedarf in Höhe von 645 bis 665 Terawattstunden aus. Das wäre eine Steigerung um rund 15 Prozent gegenüber den gegenwärtigen Jahresdurchschnitten. Damit liegt die Schätzung der Bundesregierung jedoch tendenziell am unteren Rand der Expertenprognosen. Und hinzu kommt die digitale Transformation, die ebenfalls sehr energieintensiv ist. Denn Rechenzentren, die das Rückgrat der Industrie 4.0 bilden, verbrauchen viel Strom. Dieser Aspekt bleibt in den bisherigen Schätzungen weitgehend unberücksichtigt.

„While the steps are clear, what’s missing is a unified approach among policymakers and industry to move the world from lofty ambitions to real climate action. Collaborating closely with stakeholders is but one of the transformations required of executives at energy and natural resources companies.“

Thomas Arentsen,
Partner, Bain & Company



Herausforderung „doppelte Energiewende“

Im Jahr 2020 haben erneuerbare Energien zu rund 45 Prozent der Bruttostromerzeugung in Deutschland beigetragen. Dies ist ein Rekordwert, nach 40 Prozent 2019 und 35 Prozent 2018. In Bezug auf die Nettostromerzeugung, das heißt ohne den Eigenverbrauch der Kraftwerke, war der Anteil noch höher. So berechnete das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), dass der Strommix, der tatsächlich beim Endverbraucher angekommen ist, 2020 erstmals zu über 50 Prozent aus erneuerbaren Energien stammte. Nach Expertenschätzungen muss diese Einspeisungsquote bis 2030 auf mindestens 65 Prozent ansteigen, damit die Klimaziele erreicht werden, wahrscheinlich sogar auf über 70 Prozent.

Allerdings zeichnet sich bereits im ersten Halbjahr 2021 ab, dass der positive Kurs nicht gehalten werden kann. Denn der Anteil der erneuerbaren Energien an der Nettostromerzeugung ist bis einschließlich Juni deutlich hinter dem Vorjahr zurückgeblieben. Laut Fraunhofer ISE haben Solar- und Windenergieanlagen rund 15 Prozent weniger Strom in das öffentliche Netz eingespeist als im ersten Halbjahr 2020. Der Grund dafür ist die Witterungsabhängigkeit der erneuerbaren Energien: Da es im laufenden Jahr deutlich weniger Wind gab, ist die Windkraft sogar um fast 21 Prozent zurückgefallen. Aufgefangen wurde diese Minderproduktion vor allem dadurch, dass Braun- und Steinkohlekraftwerke hochgefahren wurden. Mit Blick auf das Sektorenziel der Energiewirtschaft ist das eine denk-

bar ungünstige Konstellation, denn Braunkohle hat die schlechteste Klimabilanz von allen fossilen Kraftwerken.

Deutschland will jedoch nicht nur bis 2045 klimaneutral werden und deshalb den Einsatz fossiler Energieträger vermeiden. Auch der Ausstieg aus der Atomenergie ist beschlossene Sache, obwohl Kernkraftwerke nahezu kein Kohlendioxid emittieren. Aus rein klimapolitischer Perspektive könnten erneuerbare Energien einen deutlich größeren Beitrag leisten, wenn sie anstelle von bestehenden Atomkraftkapazitäten fossile Kraftwerke ersetzen würden. Allerdings ist das Problem der Lagerung des anfallenden Atommülls nach wie vor ungeklärt. Und auch die Betriebsrisiken sind hoch, wie die Reaktorkatastrophen von Tschernobyl und Fukushima eindrücklich gezeigt haben.

Die noch verbliebenen sechs deutschen Kernkraftwerke waren im Jahr 2020 für etwa elf Prozent der Bruttostromerzeugung verantwortlich. Drei davon werden noch 2021 heruntergefahren, die letzten drei folgen im nächsten Jahr. Gegenwärtig ist jedoch noch keine erneuerbare Energie in Sicht, um diese Grundlast von etwa 62 Terawattstunden aufzufangen. Wahrscheinlich werden kurzfristig vor allem Kohlekraftwerke die entstehende Lücke schließen. Aber auch diese sollen bis spätestens 2038 vom Netz gehen.

Angesichts eines ansteigenden Stromverbrauchs steht die deutsche Energiewirtschaft vor der großen Herausforderung, diese „doppelte Energiewende“ – Dekarbonisierung bei gleichzeitigem Ausstieg aus der Atomenergie – zu bewältigen. Denn die Zeit drängt.

Die Wattstunde (Wh) ist eine Energiemaßeinheit, die für Strom und Wärme verwendet wird.
 Gebräuchlich sind folgende Umrechnungsformen:
 Kilowattstunde (kWh) = 1.000 Wh
 Megawattstunde (MWh) = 1.000 kWh
 Gigawattstunde (GWh) = 1.000 MWh
 Terawattstunde (TWh) = 1.000 GWh

„Nach dem Ausstieg aus der Atomkraft und dem sicherlich richtigen Ausstieg aus der Kohleverstromung, dürfen wir in Bezug auf regenerative Energieerzeugung nicht vergessen: Wir brauchen eine Grundlastversorgung sowie eine Spitzenlastversorgung in unserem Netz – auch zu Zeitpunkten, zu denen keine Sonne scheint. Idealismus trifft auf Realismus.“

Martin Pentenrieder,
Co-Founder, Kraftwerk

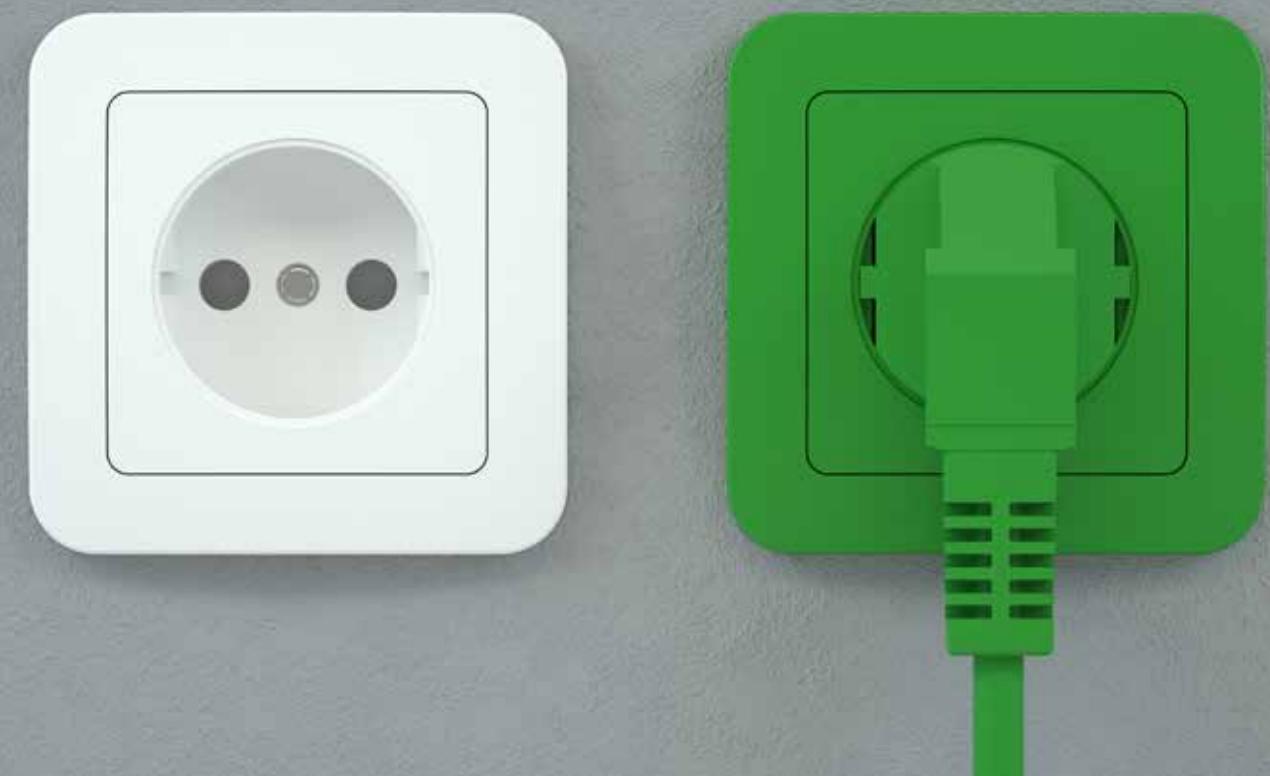


- Erneuerbare Energien
- Braunkohle
- Erdgas
- Atomenergie
- Steinkohle
- Andere



Strommix in Deutschland 2020, Anteil einzelner Energieträger an der Bruttostromerzeugung, in Prozent

Quelle: Destatis



TRENDS UND TECHNOLOGIEN:

SHAPING THE FUTURE

„Much of the discussion on reducing emissions focuses on abatement curves and net-zero scenarios. While these help countries and industry players think about where they have to go, getting there has more to do with encouraging sustainable capital creation and rebalancing entrepreneurial risk vs. financial market expectation, while respecting industry strong social mandate.“

Alessandro Cadei,
Partner,
Bain & Company

So funktioniert das Klimaschutzgesetz

Wenn Ziele verfehlt werden, muss künftig schnell nachgesteuert werden

15. März

Umweltbundesamt berechnet die Emissionsdaten des Vorjahres
> Übersendung an Expertenrat für Klimafragen

1 Monats-Frist

Expertenrat für Klimafragen prüft Emissionsdaten
> Weiterleitung an Bundesregierung (innerhalb eines Monats)

Fall 1: Maximale Jahresemissionsmengen eingehalten

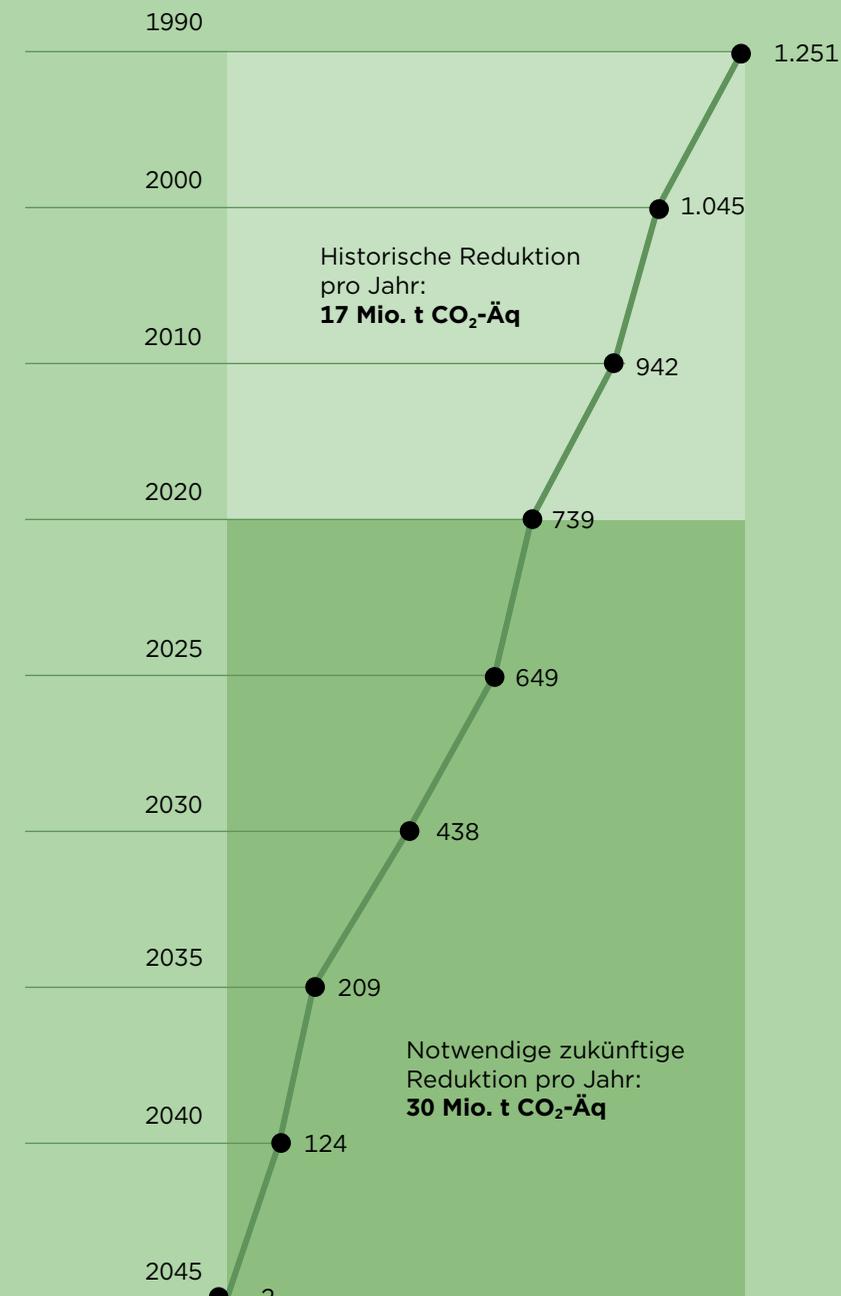
Fall 2: Jahresemissionsmengen in einem oder mehreren Sektoren überschritten (= Nachsteuerungsbedarf)

3-Monats-Frist

Bei Nachsteuerungsbedarf müssen zuständige Ministerien ein Sofortprogramm vorlegen, mit dem so nachgesteuert wird, dass die Sektorziele im Folgejahr wieder erreicht werden
> Vorlage an Klimakabinett (innerhalb von 3 Monaten)

Klimakabinett beschließt Sofortmaßnahmen
> Übermittlung an Bundestag

Quelle: BMU



Erforderliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2045, in Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten

Quellen: Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut

Auf dem Weg zur Klimaneutralität

Anhebung der Klimaschutzziele

Die Verschärfung der Gesetzgebung ist noch keine Garantie für das Gelingen der Energiewende. Hierzu sind bereits kurzfristig große Anstrengungen in allen Sektoren nötig. Denn angesichts der derzeitigen Entwicklungspfade wird es schwer, Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen und dabei zugleich Energiesicherheit und Wirtschaftlichkeit zu wahren. Diese Zielsetzungen bilden das „magische Dreieck“ des deutschen Klimaschutzgesetzes.

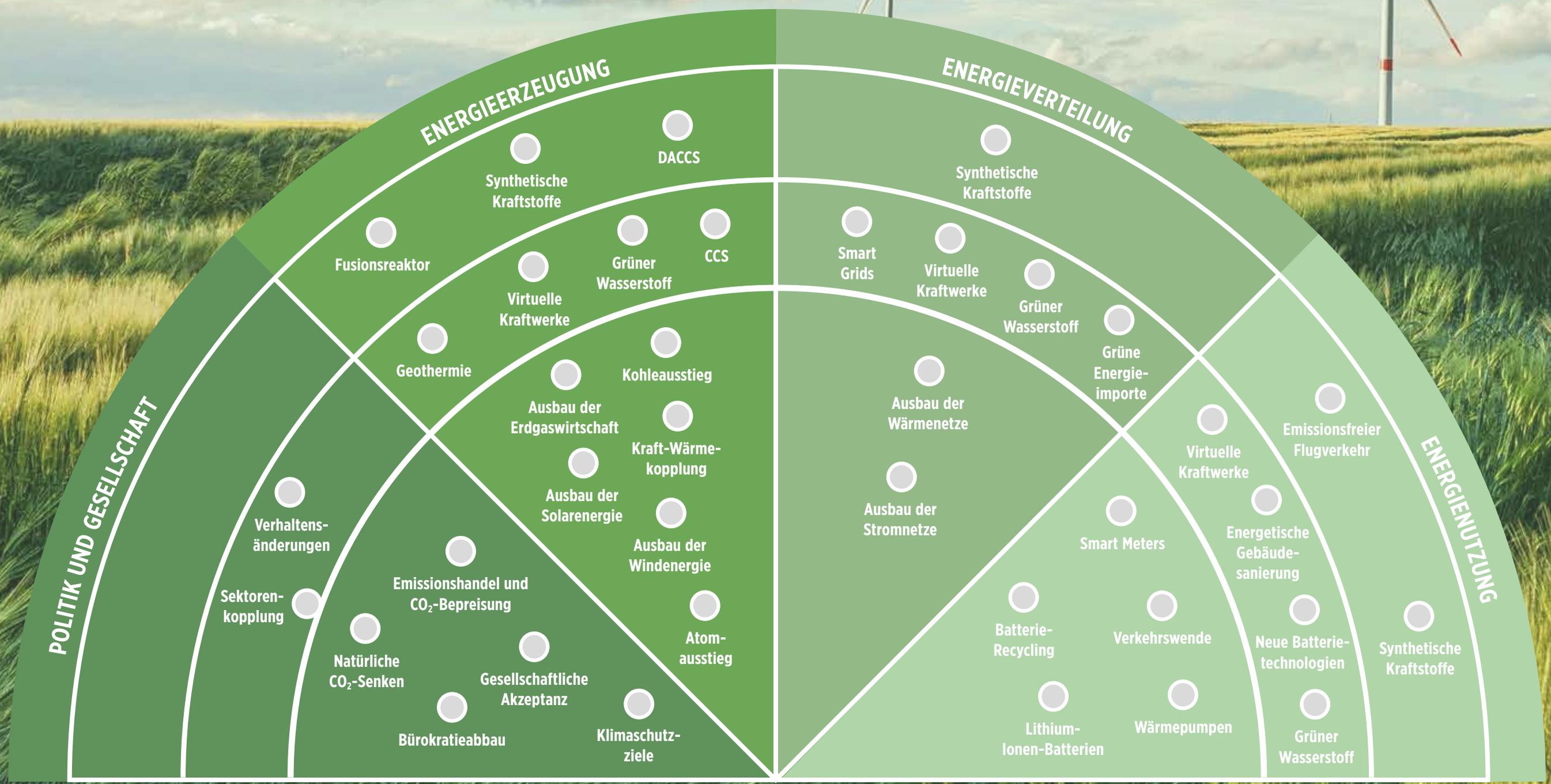
Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen in Deutschland um 65 Prozent und bis 2040 um 88 Prozent gegenüber 1990 gesenkt werden. Nach der Berechnung von Prognos, dem Öko-Institut und dem Wuppertal Institut vom Mai 2021 müssen dazu jährlich rund 30 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente an Treibhausgasemissionen eingespart werden. Historisch betrug die durchschnittliche jährliche Reduktion zwischen 1990 und 2020 jedoch nur 17 Millionen Tonnen.

Das Bundesklimaschutzgesetz enthält detaillierte Zielvorgaben für die einzelnen Sektoren. Verfehlt eine Branche ihr Soll, muss das zuständige Bundesministerium innerhalb von drei Monaten ein Sofortprogramm vorlegen, das die geforderte Emissionsminderung sicherstellt. Dieses wird vor dem endgültigen Beschluss der Bundesregierung von einem Expertenrat hinsichtlich der getroffenen Annahmen überprüft.



TREND RADAR

ZENTRALE TRENDS IM ÜBERBLICK



**BEOBSACHTEN
(LANGFRISTIG)**

**UNTERSUCHEN
(MITTELFRISTIG)**

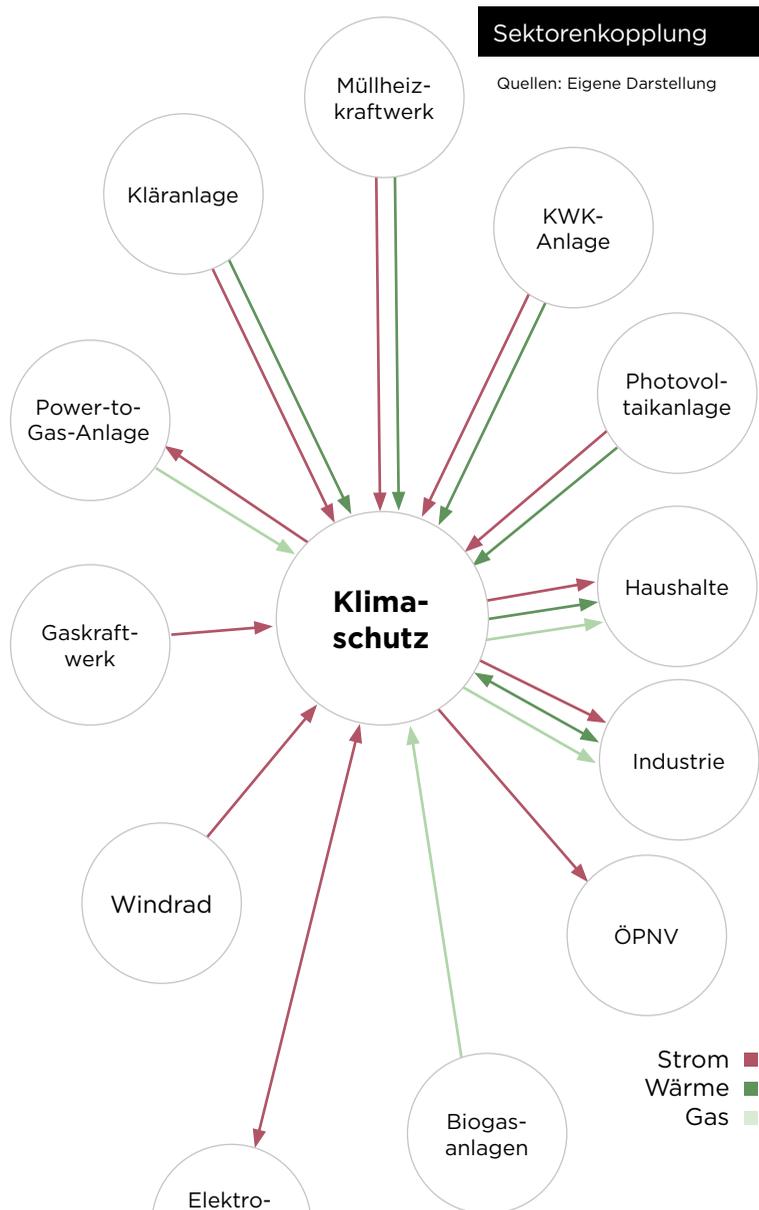
**HANDELN
(KURZFRISTIG)**

Erweiterte Sektorenkopplung

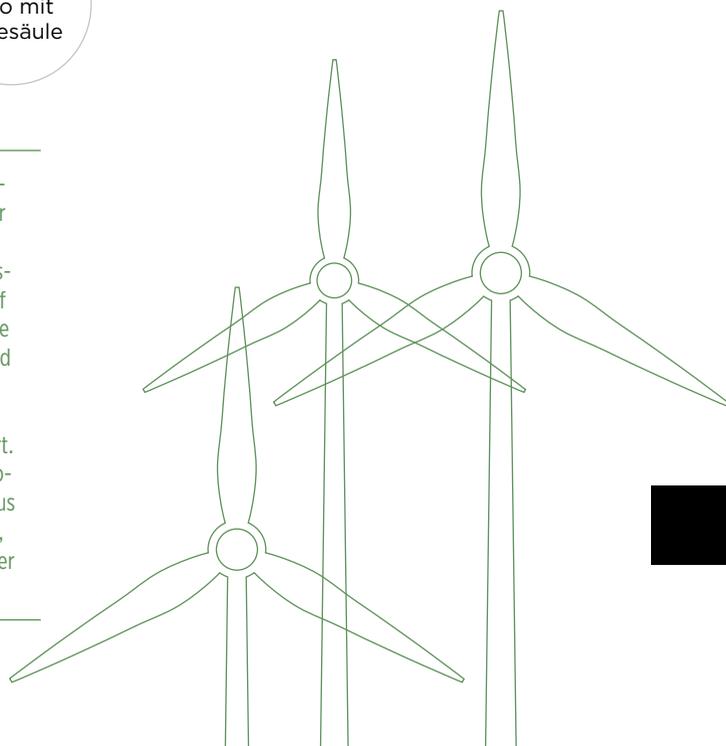
Der Großteil der Energie in Deutschland wird im verarbeitenden Gewerbe, in der Gebäudewirtschaft und im Verkehrswesen verbraucht. Deshalb gehört zur Energiewende mehr als nur das Stromsystem umzubauen und fossile Kraftwerke durch erneuerbare Energien zu ersetzen.

Die Sektorenkopplung soll Synergien zwischen der Energiewirtschaft und den angrenzenden Branchen offenlegen und nutzen, damit der Energieverbrauch und der allgemeine Ausstoß von Treibhausgasen reduziert werden. Ziel dieses holistischen Ansatzes ist es, die Stromerzeugung mit den Sektoren Industrie, Wärme und Mobilität so zu verknüpfen, dass ein räumlich, zeitlich und wirtschaftlich optimiertes Gesamtsystem entsteht.

Beispielsweise werden durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in einem Kraftwerk zugleich elektrische und thermische Energie erzeugt. So kann die bei der Stromerzeugung entstehende Wärme zum Beheizen von Gebäuden oder für die Warmwasserbereitung genutzt werden. Damit wird der eingesetzte Brennstoff effizienter verwendet. Auch kann der überschüssige grüne Strom an sonnen- oder windreichen Tagen zur Erzeugung von Wasserstoff durch **Elektrolyse** oder zum Aufladen von Batterien für die Elektromobilität eingesetzt werden. Dies ist der Alternative, die Solar- oder Windkraftwerke abzuregeln, deutlich überlegen. Umgekehrt können die an das Stromnetz angeschlossenen Elektroautos auch Energie zum Ausgleich von Lastschwankungen einspeisen, solange sie ohnehin nicht im Fahrbetrieb sind.



Bei der Wasserelektrolyse wird Wasser unter Einsatz von Strom in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Die eingesetzte elektrische Energie wird in chemische Energie umgewandelt und im Wasserstoff gespeichert. Stammt der zur Elektrolyse benötigte Strom aus erneuerbaren Quellen, wird sogenannter grüner Wasserstoff erzeugt.



Im Zuge der digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft sollte auch die Informations- und Kommunikationstechnologiebranche systematisch in die Sektorenkopplung einbezogen werden. Denn sie leistet nicht nur einen großen Beitrag zur Energiewende durch intelligente Netze, Predictive Analytics oder die Optimierung des Energieverbrauchs mithilfe von Smart-Home-Anwendungen, sondern sie ist auch für einen zunehmenden Anteil am Stromverbrauch verantwortlich. Beispielsweise gelten aktuelle Trends wie der Ausbau des Mobilfunkstandards 5G oder die Nutzung der Blockchain-Technologie als besonders energieintensiv. Rechenzentren bilden das Rückgrat der Digitalisierung und werden ihre installierte Kapazität in den nächsten Jahren stark erhöhen – oftmals in örtlicher Nähe zu den jeweiligen Anwendungen, um die Latenz zu minimieren.

Jedoch gibt es auch zahlreiche Chancen, die Digitalwirtschaft durch die Sektorenkopplung in den Wandel der Energiewirtschaft einzubinden. Beispiele sind die Verwertung der Abwärme aus Rechenzentren oder der Einsatz ausgemusterter Elektroauto-Batterien als Standby-Stromquellen, die mit erneuerbaren Energien direkt am Datacenter-Standort aufgeladen werden können.

Gesellschaftliche Akzeptanz

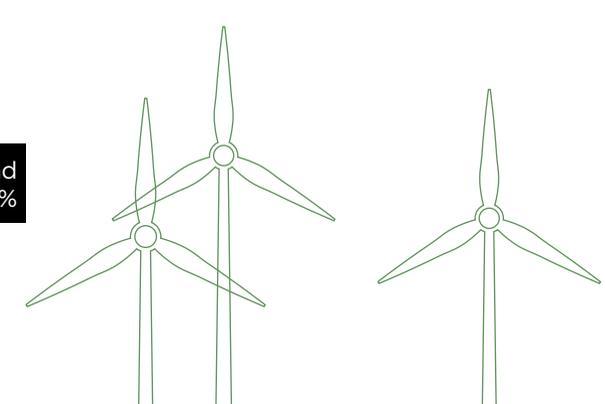
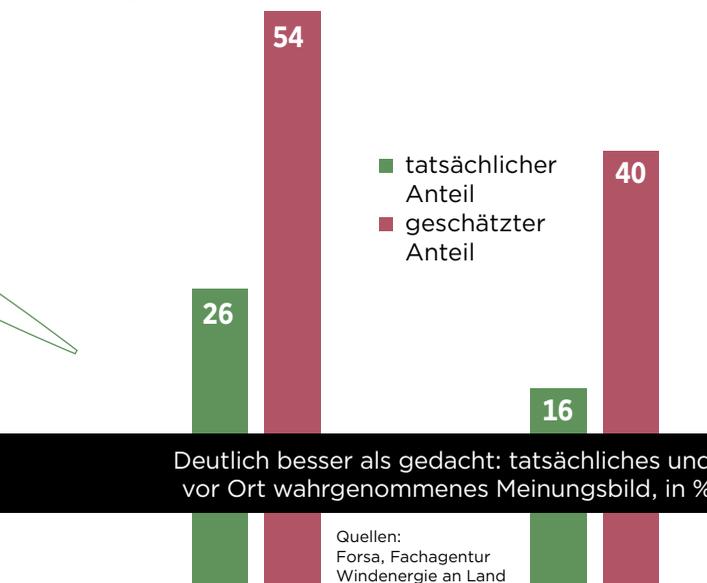
Es sind nicht nur ökonomische Anreizprobleme oder bürokratische Hürden, die den notwendigen Umbau der Energiewirtschaft behindern. Denn speziell der Ausbau der Onshore-Windkraft sowie des Stromübertragungsnetzes stoßen derzeit in Deutschland auf großen öffentlichen Widerstand. Zwar gibt es einerseits in der Bevölkerung ein Bewusstsein dafür, dass Klimaschutz ein gesellschaftlich wichtiges Ziel ist, aber andererseits möchte man persönlich weder einen Windpark noch eine Stromtrasse in der unmittelbaren Nachbarschaft haben.

Hinzu kommen steigende finanzielle Belastungen. Denn solange weiterhin fossile Energieträger im Einsatz sind und die Transformation der einzelnen Sektoren nicht mit den ambitionierten Emissionsvorgaben Schritt hält, wird die Energiewende durch die Bepreisung von CO₂ immer kostspieliger. Die Gelbwestenproteste in Frankreich gehen auf eine Benzinpreisdebatte zurück. Und auch in der Schweiz hat sich im Juni 2021 eine Mehrheit per Volksentscheid gegen eine Verstärkung des gesetzlichen Klimaschutzes ausgesprochen – vor allem, weil Flug- und Pkw-Verkehr damit teurer geworden wären.

Dies illustriert: In Demokratien muss nicht zuletzt die Gesellschaft mitgenommen werden, um große Wandlungsprozesse anzustoßen. Bürgerproteste, langwierige Verwaltungsgerichtsverfahren oder eine fehlende Zahlungsbereitschaft für klimaneutral erzeugte Produkte und Energie können die Marktentwicklung erheblich verzögern sowie die Projektkosten in die Höhe treiben. Bei der Gewinnung gesellschaftlicher Akzeptanz helfen möglicherweise wirtschaftliche Anreize. So sind bereits heute Kommunen oder Bürgergesellschaften an vielen Windparks beteiligt. Und ihre Betreiber machen mit dieser Strategie gute Erfahrungen. Denn wer am Umsatz partizipiert, nimmt oftmals auch Einschränkungen in Kauf.

Anteil derer, die (sehr) große Bedenken hätten, falls vor Ort Windkraftanlagen gebaut werden sollten

Anteil derer, die mit den Windkraftanlagen vor Ort nicht einverstanden sind



Emissionshandel und CO₂-Bepreisung

Die Europäische Union hat mit ihrem Emission Trading System (ETS) einen Mechanismus geschaffen, um die Wirtschaft zur Einsparung von CO₂ zu bewegen: den Handel mit Emissionszertifikaten. Diese Maßnahme wurde bereits im Jahr 2003 von den EU-Mitgliedsstaaten im Rahmen des Europäischen Programms für den Klimaschutz (ECCP) verabschiedet. Ab 2005 begann die Ausgabe der Zertifikate. Das ETS betrifft den CO₂-Ausstoß von rund 11.000 Kraftwerken und Industrieanlagen. Damit deckt es rund 45 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen in Europa ab.

Handelbare CO₂-Emissionszertifikate stellen jedes Unternehmen vor die Entscheidung, ob es seinen CO₂-Ausstoß reduzieren oder Zertifikate zukaufen soll, deren Preis sich auf dem Zertifikatmarkt bildet. Da der Marktpreis der Emissionsrechte für alle Unternehmen gleich ist, ergibt sich Kosteneffizienz in Bezug auf das vorgegebene Emissionsziel: Jedes Unternehmen vergleicht den Zertifikatpreis mit seinen individuellen Vermeidungskosten und kauft nur so lange Zertifikate hinzu, wie dies billiger ist als der Verzicht auf einen zusätzlichen CO₂-Ausstoß. Durch Verknappung der Zertifikatmenge steigen die Preise im Zeitablauf an, wie dies seit 2015 auch beim ETS zu beobachten ist. Nach Maßgabe des „Fit for 55“-Programms der EU-Kommission soll dieser Prozess künftig beschleunigt werden. Womöglich gibt es sogar einen anfänglichen deutlichen Schnitt. Dies dürfte entsprechend die Anreize verstärken, Emissionen in den betroffenen Sektoren zu vermeiden.

Die europaweite CO₂-Bepreisung gilt bislang nur für die Bereiche Energie und Industrie sowie für Flüge, die von Flughäfen in der EU starten oder dort landen. Allerdings sollen nach den aktuellen Kommissionsplänen ab 2026 auch Verkehr und Wärme in den Zertifikathandel einbezogen werden. Deutschland hat diesbezüglich schon vorgelegt und mit dem Klimaschutzgesetz seit Januar 2021 ein nationales Emissionshandelssystem für diese beiden Sektoren eingeführt. Dabei handelt es sich um ein Festpreissystem. Unternehmen, die Heizöl, Erdgas, Benzin und Diesel auf den Markt bringen, bezahlen einen vorab fixierten Preis für jede Tonne CO₂, die diese Stoffe im Verbrauch emittieren. Der Startpreis von 25 Euro soll sich bis 2025 schrittweise auf 55 Euro erhöhen.



Preisentwicklung der EU-Emissionszertifikate, in Euro je Tonne CO₂

Quelle: Bloomberg

Der Trend: Projekte zum Ausbau der erneuerbaren Energien sind sehr komplex. Für Immobilien- und Grundstücksbesitzer bringen sie einen enormen administrativen und vor allem auch finanziellen Aufwand mit sich. Umgekehrt sind Menschen ohne eigenen Haus- oder Grundstücksbesitz kaum in der Lage, konkrete Projekte zur Nutzung erneuerbarer Energien umzusetzen, obwohl sie sowohl ein ausgeprägtes Interesse als auch finanzielle Möglichkeiten hierzu haben.

Die Idee: In eine digitale Plattform können Immobilienbesitzer ihre geplanten Projekte z. B. zur Installation von PV-Anlagen einstellen. Interessenten können sich dann Projekte in ihrer Region aussuchen, die sie im Zuge von Crowdfunding fördern können und deren Fortschritt sie ebenfalls über die Plattformlösung von Raenergy verfolgen können.

Das Ergebnis: Die Suchmaschinen- und Plattformlösung für die Crowdfunding-Finanzierung von Projekten erneuerbarer Energien setzt vor allem auf Regionalisierung und Transparenz für die Nutzer. Projekte in der unmittelbaren Umgebung können lokalisiert und gefördert werden. Für die Geldgeber und Investoren wird nicht nur der Projektfortschritt visualisiert, auch nach der Fertigstellung der Projekte können in Echtzeit Daten über die Energiemenge und die Menge des eingesparten CO₂ abgerufen werden. Der globale Crowdfunding-Markt für erneuerbare Energien wird auf etwa 4,62 Milliarden US-Dollar geschätzt. Die Raenergy-Lösung finanziert sich durch eine Art Vermittlungsgebühr, die bei den Projekterstellern und den Investoren anfällt. Bis Dezember 2021 will das Team ein Minimum Viable Product (MVP) finalisiert haben, sodass der Markteintritt im Frühjahr des kommenden Jahres ins Auge gefasst werden kann.



Raenergy

Grundsätzlich gilt: Je mehr Länder in den Emissionshandel einbezogen sind, desto geringer ist die Gefahr der Unternehmensverlagerung, um CO₂-Kosten zu sparen. Dieses Phänomen ist als Carbon Leakage bekannt. Um internationale Wettbewerbsnachteile zu vermeiden, will die EU-Kommission einen Grenzausgleich einführen, eine Art Schutzzoll für europäische Unternehmen gegen Importe aus Ländern mit geringeren Emissionsstandards. Ob dies mit den Vorgaben der Welthandelsorganisation im Einklang ist oder die EU in Handelskonflikte hineinmanövriert, bleibt abzuwarten.

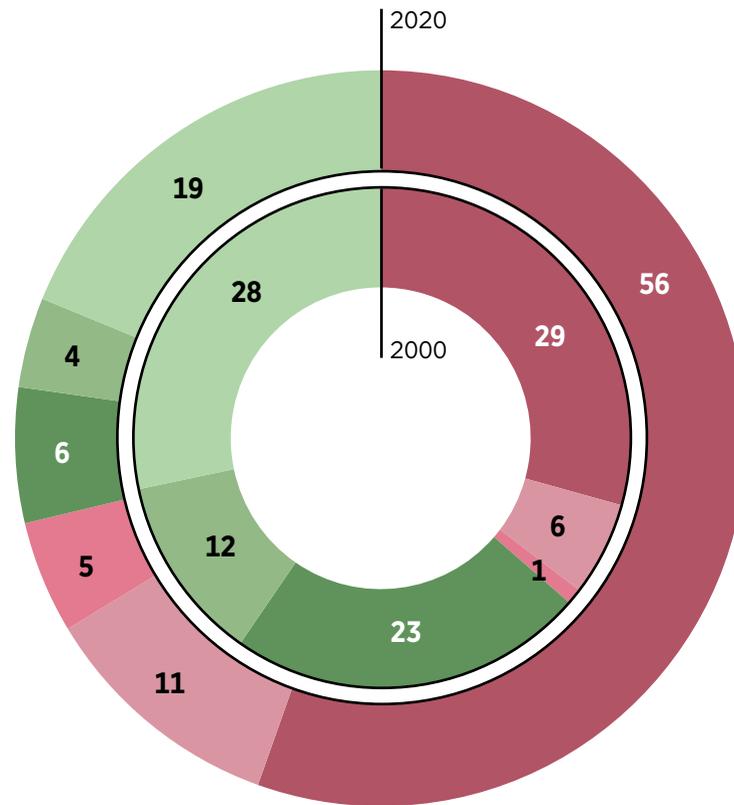
Transformation der Stromerzeugung

Kohleausstieg

Kohle trägt derzeit zu über einem Drittel der weltweiten Stromerzeugung bei und spielt in energieintensiven Industrien wie beispielsweise der Stahlproduktion nach wie vor eine wichtige Rolle. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts ist noch mehr als ein Drittel des weltweiten Kohleverbrauchs auf die Vereinigten Staaten und die Europäische Union entfallen – und damit in etwa so viel wie auf China und Indien zusammen. Zwei Jahrzehnte später zeichnen die aufstrebenden Volkswirtschaften China und Indien bereits für etwa zwei Drittel des weltweiten Kohleverbrauchs verantwortlich. Demgegenüber haben die Europäische Union und die Vereinigten Staaten zusammen nur noch einen Anteil von zehn Prozent. Südostasien übertrifft mittlerweile die Europäische Union und wird voraussichtlich auch bald die Vereinigten Staaten überholen. Folglich wird die Kohleverstromung aktuell vor allem von asiatischen Staaten vorangetrieben.

Weltweite Nutzung von Kohle als Energieträger, Anteile in %

Quelle: IEA



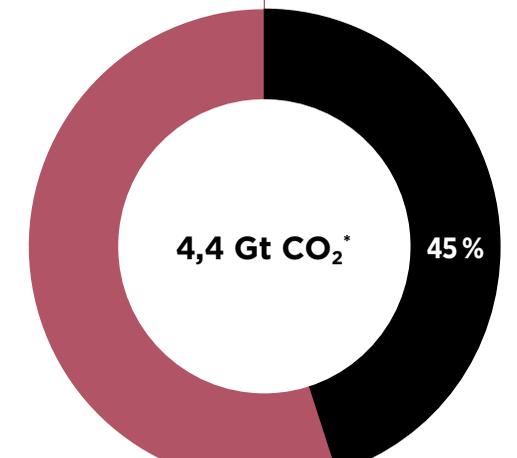
- China
- Indien
- Südostasien
- USA
- EU
- Rest der Welt



Insbesondere China, auf dessen Konto aktuell mehr als die Hälfte des globalen Kohleverbrauchs geht, baut seine Kohlekraftwerke weiter aus. Das Land installiert Jahr für Jahr mehr Kraftwerkskapazität, als es vom Netz nimmt. Und seit 1965 ist der Kohlekonsum dort um mehr als das Sechzehnfache angestiegen.

Die Nutzung von Kohle als Energieträger ist besonders klimaschädlich. Sie gilt als die größte Einzelquelle für die globalen CO₂-Emissionen. Deshalb prognostizieren die internationalen Wissenschaftler des Climate Action Tracker, dass die Kohleverstromung in entwickelten Volkswirtschaften bis 2030 vollständig auslaufen muss, um die Pariser Klimaziele noch einzuhalten. Und auch die Entwicklungs- und Schwellenländer sollten bis spätestens 2040 nachziehen. Zur Erreichung von Klimaneutralität bis 2045 in Deutschland rechnen auch die Analysten von Prognos, dem Öko-Institut und dem Wuppertal Institut mit einem vollständigen Verzicht auf Kohleenergie bis 2030. Jedoch werden die letzten deutschen Kohlekraftwerke laut Beschluss der Bundesregierung möglicherweise erst im Jahr 2038 vom Netz gehen. Diese Planung richtet sich nach dem Abschlussbericht der nationalen Kohlekommission vom Januar 2019. Demzufolge soll die installierte Leistung der Kraftwerke bis 2030 auf rund neun Gigawatt für Braunkohle (derzeit: mehr als 20 Gigawatt) und auf acht Gigawatt für Steinkohle (derzeit: rund 24 Gigawatt) sinken. Laut einer Studie des Analyseinstituts Energy Brainpool würden sich die zusätzlichen CO₂-Emissionen auf rund zwei Milliarden Tonnen addieren, wenn Deutschland wie geplant erst 2038 aus der Kohleverstromung aussteigt.

Bei Kohleausstieg bis 2038 und Fortschritt des Ausbaus erneuerbarer Energien wie bisher



Wie viel CO₂ Deutschland für das 1,5-Grad-Ziel noch ausstoßen dürfte und wie viel davon durch die Kohleverstromung verbraucht wird

* Gigatonnen = Mrd. Tonnen

Quelle: Energy Brainpool

Atomausstieg

Die Kernenergie ist laut Angaben der Internationalen Energieagentur IEA in der Vergangenheit einer der wichtigsten Lieferanten von kohlenstoffarmem Strom gewesen. Derzeit sei sie nach der Wasserkraft die zweitwichtigste Quelle der CO₂-Vermeidung bei der Stromerzeugung und habe auch weiterhin ein großes Potenzial, die Dekarbonisierung des Energiesektors voranzubringen. Gemäß dieser Schätzung sind die CO₂-Emissionen in den letzten 50 Jahren durch die Nutzung von Kernkraft um rund 55 Gigatonnen reduziert worden, was ungefähr dem weltweiten Gesamtausstoß des Energiesektors von zwei Jahren entspreche.

Einige Länder haben sich aufgrund von Sicherheitsbedenken und den Problemen bei der Endlagerung des Atommülls aus der Kernenergie zurückgezogen. Dazu gehört neben Italien und der Schweiz auch Deutschland. Bis 2022 sollen die letzten aktiven Atommeiler in Brokdorf, Emsland, Grohnde, Gundremmingen, Isar und Neckarwestheim vom Netz gehen. Damit vollzieht Deutschland die „doppelte Energiewende“: Nicht nur der Einsatz fossiler Energieträger soll reduziert werden, um die Klimaziele zu erreichen, sondern auch die kohlenstoffarmen Kernkraftwerke werden abgeschaltet.

Dies entspricht jedoch nicht dem globalen Entwicklungstrend. Denn weltweit planen nach Angaben der Internationalen Atomenergie-Organisation IAEA rund ein Dutzend Staaten, bis 2030 in die Kernenergie einzusteigen. So wollen beispielsweise Bangladesch, Weißrussland, Ägypten und die Türkei erstmals Atomkraftwerke in Betrieb nehmen. Und auch Polen sieht bis 2040 den Bau von sechs Reaktoren an zwei Standorten vor, um seine Klimaziele zu erreichen. Denn derzeit kommen rund 70 Prozent der Energie des Landes aus Kohlekraftwerken.

Die deutsche Atomwirtschaft ist weiterhin an der Erforschung des Fusionsreaktors im Rahmen des „International Thermonuclear Experimental Reactor“-Projekts (ITER) beteiligt. Neben der EU nehmen daran die USA, China, Russland, Japan, Indien, Südkorea und die Schweiz teil. Fernziel ist der Beweis, dass eine Kernfusion kontrolliert herbeigeführt und zur Energiegewinnung eingesetzt werden kann. Mit der kommerziellen Nutzung wird allerdings frühestens ab Mitte des Jahrhunderts gerechnet.



4.418 Wasserkraft

2.553 Kernkraft

1.592 Windkraft

821 Solarenergie

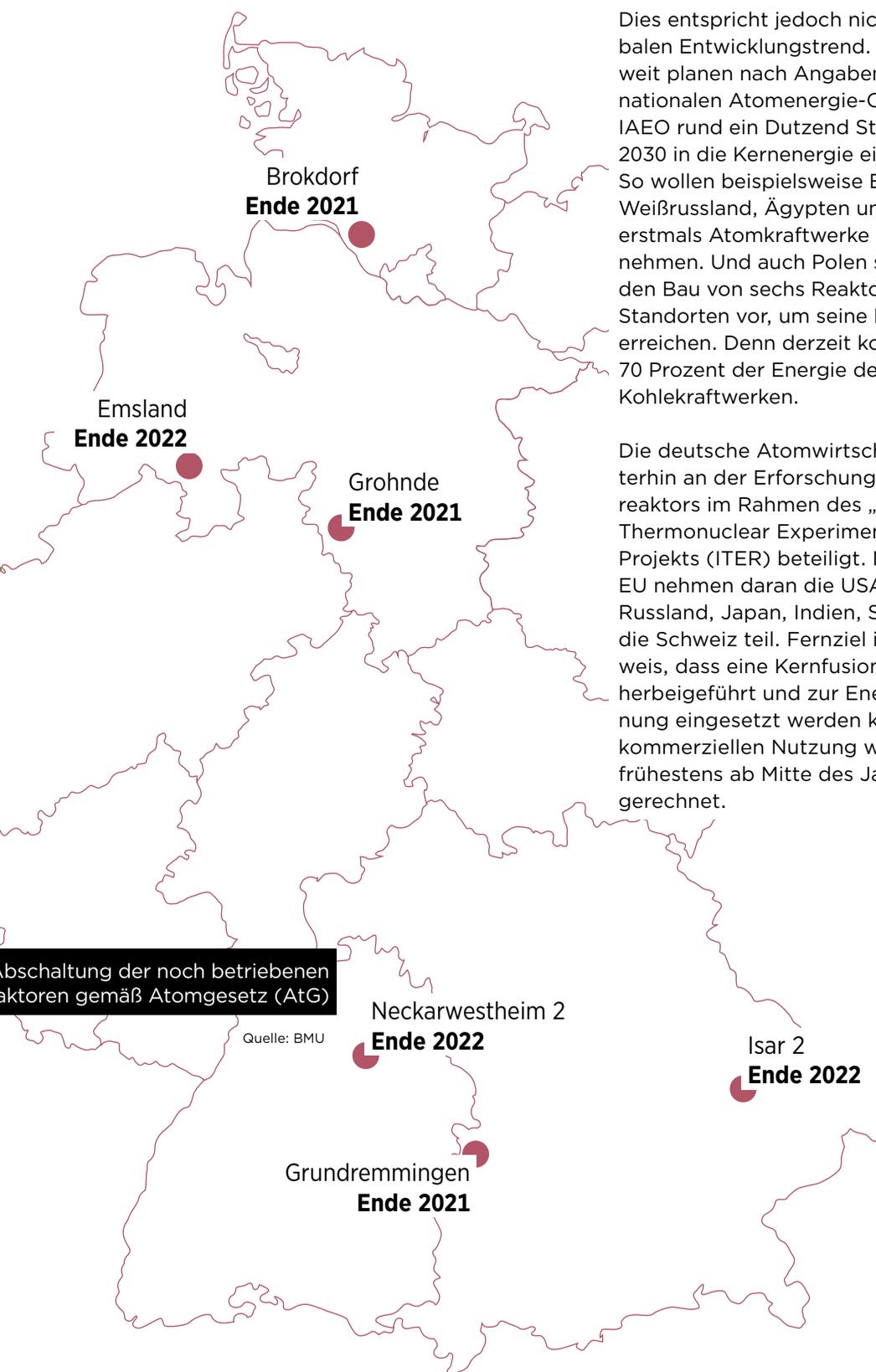
812 Sonstige Erneuerbare Energien

Kohlenstoffarme Energiegewinnung weltweit (2020), in TWh

Quellen: IEA, World Nuclear Association

Abschaltung der noch betriebenen Reaktoren gemäß Atomgesetz (AtG)

Quelle: BMU



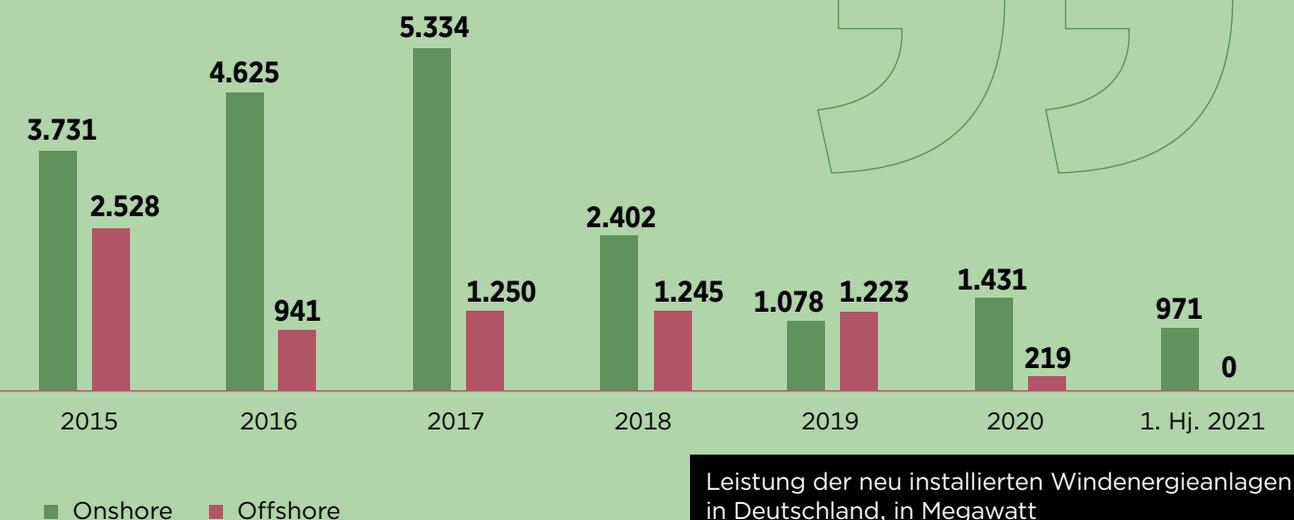
Ausbau der Windenergie

Für den Zeitraum von 2023 bis 2025 erwartet die Internationale Energieagentur (IEA) ein europaweites Wachstum der Onshore-Windenergiekapazität um jährlich rund 14 Gigawatt. Dieses werde insbesondere durch Frankreich, Deutschland und Spanien vorangetrieben. Für Offshore-Windenergie wird ein durchschnittlicher Jahreszuwachs von fünf Gigawatt prognostiziert, wobei auch hier Deutschland neben dem Vereinigten Königreich, den Niederlanden und Frankreich in einer Führungsrolle gesehen wird.

Windenergie ist entscheidend für das Gelingen der Energiewende in Deutschland. Nach Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) hat im Jahr 2020 die Onshore-Windenergie rund 41,3 Prozent zur deutschen Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien beigetragen. Weitere 10,9 Prozent steuerte die Offshore-Windenergie bei. Damit ist Windkraft hierzulande die mit Abstand wichtigste erneuerbare Energiequelle. Allerdings ist beim Zubau seit einigen Jahren eine Abflachung des Wachstumspfad zu erkennen.

Nach Angaben des Bundesverbands Windenergie (BWE) beträgt die Gesamtleistung der insgesamt 29.715 Windenergieanlagen, die bis zum ersten Halbjahr 2021 an Land installiert gewesen sind, rund 56 Gigawatt. Zur Erreichung des von der Bundesregierung festgelegten Ausbauziels für das Jahr 2022 wäre somit noch ein Nettozubau von gut 1,2 Gigawatt erforderlich – mehr als das 1,4-Fache dessen, was bereits in der ersten Jahreshälfte

2021 geleistet wurde. Zum Vergleich: In den letzten zehn Jahren betrug das durchschnittliche jährliche Kapazitätswachstum netto rund 2,9 Gigawatt, ist aber seit 2017 auf 1,4 Gigawatt zurückgefallen. Zudem ist in der neuen Legislaturperiode mit einer Erhöhung der Zielvorgaben zu rechnen, denn die aktuelle Gesetzeslage berücksichtigt noch nicht die mittlerweile erwartete Erhöhung des Strombedarfs um rund 15 Prozent bis 2030.



„Wir sollten technologieoffen denken, weil wir alle Möglichkeiten ausschöpfen müssen, um unsere Ziele zu erreichen.“



*Renate Krammer,
Head of Innovation / Radar,
Ideation & Portfolio Management,
Uniper*

Leistung der neu installierten Windenergieanlagen in Deutschland, in Megawatt

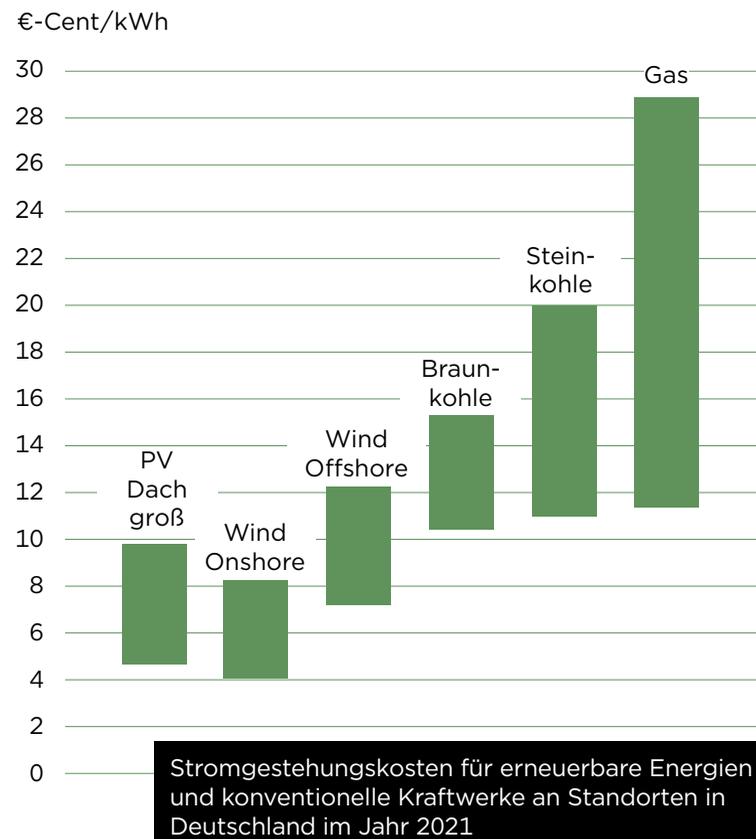
Quelle: Deutsche WindGuard

Neben einem höheren Auslastungsgrad hat die Offshore-Windkraft den Vorteil, dass ihre Turbinen leistungsstärker sind. Dennoch sind die **Stromgestehungskosten** tendenziell höher als bei der Windenergienutzung an Land, da die Errichtung, die Netzanbindung und der Betrieb der Anlagen höhere Kosten verursachen. Dies gilt insbesondere mit zunehmender Entfernung von der Küste und zunehmender Wassertiefe.

Der Ausbau der Offshore-Windenergiekapazität in Deutschland ist 2020 um etwa 80 Prozent gegenüber dem Vorjahr eingebrochen. Insgesamt waren Ende 2020 rund 1.500 Windenergieanlagen in Nord- und Ostsee mit einer Gesamtleistung von etwa 7,7 Gigawatt am Netz. Im Hinblick auf die aktuelle Marktentwicklung macht das Branchenportal Offshore-Windindustrie auf eine Ausbaulücke aufmerksam: Denn für das Jahr 2021 befinde sich kein einziger Windpark mehr im Bau. Mangels fehlender Projekte seien deshalb mittelfristig auch keine nennenswerten Zuwächse bei der installierten Kapazität zu erwarten.

Die Forscher von Prognos, dem Öko-Institut und dem Wuppertal Institut erwarten, dass bis 2030 eine Steigerung der Onshore-Windkraftkapazität auf 80 Gigawatt nötig ist, um die Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen. Dies entspricht einer Erhöhung der installierten Leistung um rund 43 Prozent gegenüber 2020. Noch ehrgeiziger ist die Prognose für die Offshore-Windkraft, denn hier wäre annähernd eine Verdreifachung der Kapazität vonnöten, um im Jahr 2030 rund 25 Gigawatt zu erreichen. Damit müsste das Zubautempo der letzten zehn Jahre um das Zweieinhalbfache zulegen. Wirtschaftliche Voraussetzung dafür sind nicht zuletzt leistungsfähige Stromtrassen.

In die Stromgestehungskosten fließen alle Investitions- und Betriebskosten über die gesamte Nutzungsdauer sowie die Kosten der Finanzierung der jeweiligen Erzeugungsanlagen ein, geteilt durch die Stromerträge.



Quelle: Fraunhofer ISE

Ausbau der Solarenergie

Photovoltaikanlagen wandeln mithilfe von Solarzellen Lichtenergie in elektrische Energie um. In Deutschland nimmt die installierte Leistung von Photovoltaikanlagen zu, wenn auch tendenziell mit abnehmenden Wachstumsraten. Nach einer Berechnung der AGEE-Stat haben sie 2020 rund 20,2 Prozent zur Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien beigesteuert. Damit sind sie hierzulande die zweitwichtigste Quelle für erneuerbaren Strom. Die Kapazität sämtlicher ans Stromnetz angeschlossenen Solaranlagen beträgt rund 54 Gigawatt. Dabei liegen die großen Flächenländer vorn: Bayern mit deutlichem Abstand vor Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen.

Auch global ist Solarenergie auf dem Vormarsch. Knapp ein Drittel der weltweit installierten Gesamtkapazität befindet sich – Stand 2020 – in China, Tendenz steigend. Es folgen mit deutlichem Abstand die USA, Japan und Deutschland. Besonders auf dem afrikanischen Kontinent bestehen aufgrund der hohen Sonneneinstrahlung große Chancen für einen weiteren Ausbau der Photovoltaik. Diese bleiben jedoch bislang weitgehend ungenutzt.

Auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2045 müsste Deutschland laut Prognos, dem Öko-Institut und dem Wuppertal Institut die installierte Leistung der Photovoltaik bis 2030 auf rund 150 Gigawatt steigern. Dies entspricht knapp einer Verdreifachung der aktuellen Kapazität. Verglichen mit den letzten zehn Jahren müsste sich folglich der durchschnittliche jährliche Zubau mehr als verdoppeln. Entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg der Solarenergie ist, dass die dezentral verteilten Anlagen adäquat in das Stromnetz eingebunden werden.



„Die meisten Anwohner sind im Normalfall nicht zuhause, wenn die Sonne scheint. Das heißt, wenn das Dach Strom produziert, können sie diesen gar nicht selbst verbrauchen. Deshalb benötigt man eigentlich neben dem Solarpanel auch noch eine große Batterie, die den Strom aufnimmt. Oder man verkauft den überschüssigen Strom. Aber das rechnet sich noch nicht. Wer das macht, muss also wirklich aus Überzeugung handeln. Wenn man nach 15 Jahren einen Break-Even erreicht, kann man schon froh sein. Die Idee von der dezentralen Stromerzeugung ist schwierig umzusetzen, denn es ist viel lohnender, ein einzelnes Großprojekt zu realisieren als viele kleine.“

Karla Klasen,
Associate,
Osborne Clarke



Erdgas als Übergangstechnologie

Unter den fossilen Energiestoffen ist Erdgas bei der Verstromung mit den geringsten Treibhausgasemissionen verbunden. Zudem sind Gaskraftwerke relativ flexibel und können bei Bedarf schnell hochgefahren werden. Deshalb sind sie als Übergangstechnologie bedeutsam, um Versorgungssicherheit beim Umbau des Energiesystems zu gewährleisten. Denn erneuerbare Energien sind sogenannte intermittierende Energien, deren Stromerzeugung wetterabhängig ist und somit Schwankungen unterliegt. Ohne umfangreiche Speichermöglichkeiten können Wind- und Solarenergie den Ausfall an grundlastfähigen Kapazitäten aufgrund des Atom- und Kohleausstiegs nicht kompensieren. Und diese Speichertechnologien sind derzeit noch nicht verfügbar.

Deshalb besteht in Deutschland bis 2030 ein Zubaubedarf an Gaskraftwerken, deren Leistung je nach Studie zwischen 13 und 45 Gigawatt beträgt. Anderenfalls droht eine Versorgungslücke, da zu wenig gesicherte Leistung installiert wäre. Die aufgebauten Infrastrukturen können perspektivisch auch bei der Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft und beim Übergang auf grüne Gase einen wichtigen Beitrag zur klimaneutralen Energieversorgung leisten. Aktuell werden für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zunehmend Gaskraftwerke genutzt, um die Industrie mit Prozesswärme oder die Kommunen mit Heizwärme zu versorgen.

Der Flottenverbrauch entspricht den durchschnittlichen CO₂-Emissionen aller in der EU in einem Jahr neu zugelassenen Fahrzeuge eines Herstellers bzw. einer Markengruppe. Dieser darf einen bestimmten, von der EU-Kommission festgelegten Grenzwert nicht überschreiten. Ansonsten werden Strafzahlungen fällig. Folglich muss nicht jedes einzelne neue Auto den Flottengrenzwert einhalten, sondern Fahrzeuge mit geringerem oder gar keinem CO₂-Ausstoß können Fahrzeuge mit höherem Verbrauch ausgleichen.

Elektrifizierung von Prozessen

Verkehrswende

Auch die Automobilindustrie steht vor großen Umwälzungen. Nach den Plänen der EU-Kommission droht dem herkömmlichen Verbrennungsmotor möglicherweise bereits 2035 das Aus. Denn der CO₂-Ausstoß von Neuwagen soll bis 2030 um 55 bis 60 Prozent abgesenkt werden. Und fünf Jahre später könnten nur noch vollständig emissionsfreie Fahrzeuge neu zugelassen werden. Auf dem Weg dahin sollen im Rahmen des „European Green Deal“ unter anderem die **Flottengrenzwerte** für Autohersteller weiter verschärft und ein EU-weiter Emissionshandel für den Verkehrssektor eingeführt werden.

Zwar wird für die Erreichung dieser Klimaziele für den Verkehrssektor prinzipiell keine Technologie vorgegeben, jedoch sind synthetische Kraftstoffe noch nicht marktfähig. Das Null-Emissionsziel kommt somit faktisch einem Verbot des Verbrennungsmotors gleich. Deshalb läuft die aktuelle Entwicklung auf Elektroautos hinaus. Hierzu zählen rein batterieelektrische Fahrzeuge und Plug-in-Hybride, also Fahrzeuge mit einem Elektro- und einem Verbrennungsmotor. Somit sind Plug-in-Hybride mittelfristig ebenfalls ein Auslaufmodell, das bislang aber für viele Elektroauto-Einsteiger attraktiv ist, da sie die Nachteile der geringen Batteriereichweiten und der lückenhaften Ladeinfrastruktur reiner Elektroautos ausgleichen können.

In Europa kamen im Jahr 2020 auf 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner 6,1 elektrifizierte Fahrzeuge, vor den USA mit 5,2 und China mit 3,0 Fahrzeugen. Spitzenreiter des Rankings sind Norwegen mit 81, Island mit 37 und Schweden mit 21 Elektroautos pro 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner. Mit 8,5 Fahrzeugen folgt Deutschland, wo die Zulassungen im vergangenen Jahr um mehr als 200 Prozent zugelegt haben.

Deutschland war laut dem Center of Automotive Management (CAM) im ersten Halbjahr 2021 nach China weltweit der zweitgrößte Markt für Elektromobilität. Gegenüber dem Vorjahreszeitraum sei die Zahl der Neuzulassungen hierzulande erneut um 230 Prozent angestiegen. Derzeit fahren auf deutschen Straßen demnach rund 901.000 Elektroautos, davon 458.000 batterieelektrische Fahrzeuge und 443.000 Plug-in-Hybride. Bis zum Jahresende rechnet das Forschungsinstitut mit einem weiteren Zuwachs auf 1,2 Millionen Elektroautos.

Die aktuell hohen Wachstumsraten finden allerdings auf einem niedrigen Ausgangsniveau statt, da der Bestand an Elektrofahrzeugen – wie in fast allen Ländern – noch sehr gering ist. Deshalb muss die Verkehrswende weiterhin an Fahrt aufnehmen. So geht der Climate Action Tracker davon aus, dass der Marktanteil emissionsfreier Fahrzeuge in entwickelten Volkswirtschaften bis

2030 annähernd 95 Prozent erreichen muss, damit das Erderwärmungsziel von 1,5 Grad bis zum Ende des Jahrhunderts noch eingehalten werden kann.

Lithium-Ionen-Batterien

Mit der Elektrifizierung des Verkehrssektors sowie der perspektivisch notwendigen Zwischenspeicherung von erneuerbaren Energien geht auch ein weltweiter Mehrbedarf an Lithium-Ionen-Batterien einher. Allein in Deutschland ist der Markt laut Branchenverband der Elektroindustrie (ZVEI) im Jahr 2020 um 63 Prozent gewachsen – trotz der Coronapandemie. Nach einer Prognose von Statista wird die weltweite Nachfrage nach Batterieleistung für Elektrofahrzeuge bis 2030 auf 1.525 Gigawattstunden ansteigen. Im Vergleich zu den 215 Gigawattstunden im Jahr 2020 entspricht dies mehr als dem Siebenfachen. Dabei wird China voraussichtlich den größten Anteil an der Nachfragewelle haben, gefolgt von der Europäischen Union und den USA.

Zwei Probleme zeichnen sich aktuell ab: Zum einen besteht Knappheit bei der Batterieerfügbarkeit, vor allem wegen Engpässen bei Basismaterialien wie Lithium, Kobalt, Nickel und Mangan. So liegt laut einer Analyse

2018	2019	2020	2025	2030
0,3%	0,5%	1,2%	11,1%	24,4%

Anteil der Elektroautos* am Bestand der Personenkraftwagen in Deutschland

* Elektroautos mit Batterie und Plug-in-Hybrid

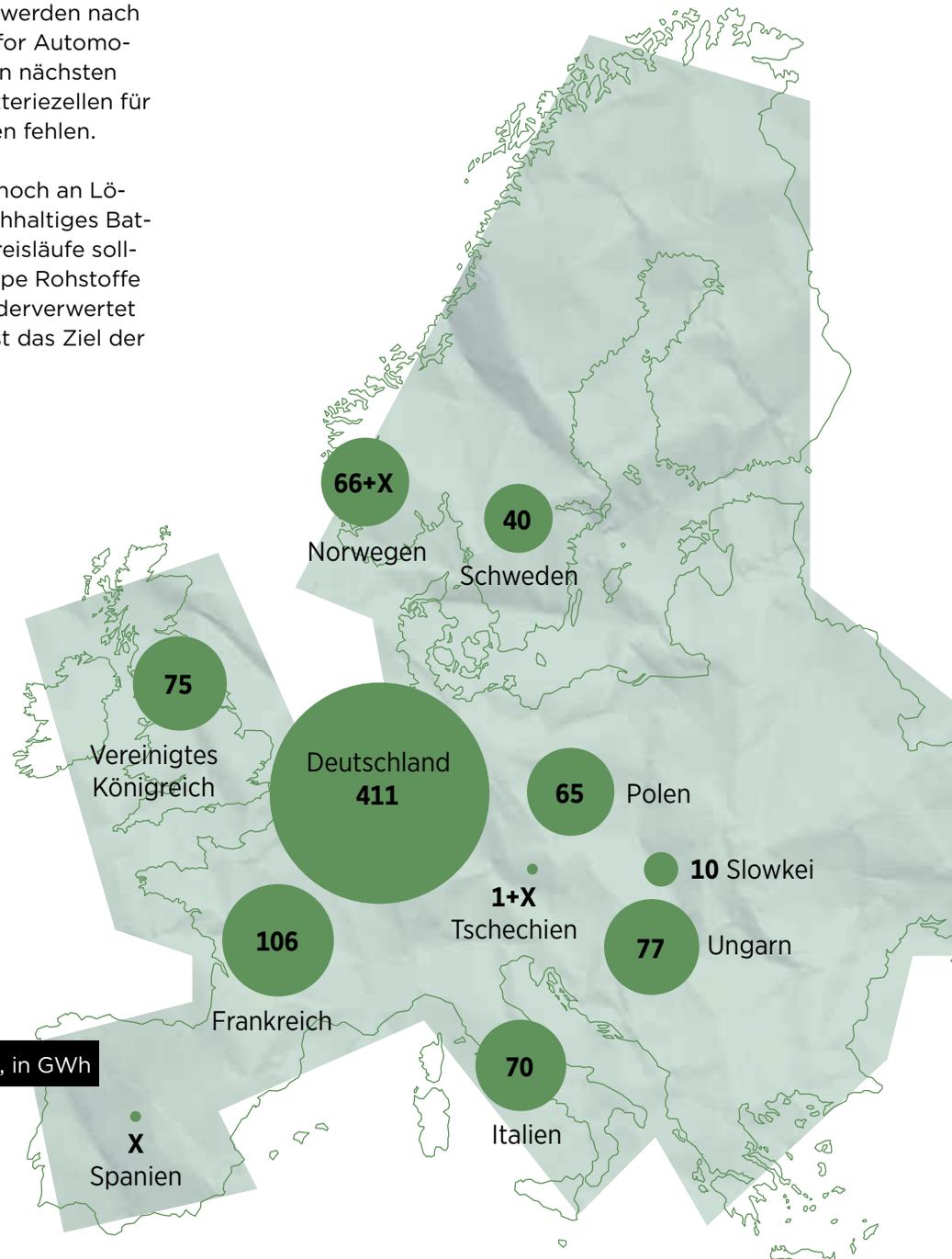
Quellen: KBA, Autohaus.de



der Boston Consulting Group die jährlich abgebaute Menge an Rohstoffen bei weniger als einem Drittel dessen, was zur Deckung des Elektrobatte-riebedarfs im Jahr 2030 erforderlich sein wird. Aber auch die notwendigen Fabrikbauprojekte zur Erweiterung der Produktionskapazitäten hängen hinter den ehrgeizigen Plänen der Automobil-industrie zurück. Deshalb werden nach Einschätzung des Center for Auto-motive Research (CAR) in den nächsten sechs Jahren weltweit Batteriezellen für fast 15 Millionen Neuwagen fehlen.

Zum anderen mangelt es noch an Lö-sungsansätzen für ein nachhaltiges Bat-terie-Recycling. Materialkreisläufe soll-ten geschlossen und knappe Rohstoffe möglichst vollständig wiederverwertet werden. Dies ist zumindest das Ziel der

EU-Batterierichtlinie. Der aktuelle Ent-wurf zur Novellierung dieses Gesetzes-textes sieht vor, dass die Recycling-quote für Lithium-Ionen-Batterien bis zum Ende des Jahrzehnts von aktuell 50 Prozent auf 65 bis 70 Prozent erhöht wird. Vor dem Hintergrund der Roh-stoffknappheit bleibt das Recycling der Akkus ein wichtiges Zukunftsthema.



Batterieprojekte in Europa, in GWh

X = unbekannt
Stand: August 2021

Quelle: Battery-News

Der Trend: Batterien haben ein erstes und ein zweites Leben. In der Regel ist es aber schwierig einzuschätzen, in welcher Phase eine Batterie im ersten Leben steht, wie lange sie nutzbar und einsatz-fähig ist und wann sich ihr Lebenszyklus dem Ende nähert.

Die Idee: Das Team hat eine digitale Lösung entwickelt, mit der die Betreiber von Scooter- und Rollerflotten, also der so genannten Mikro-Mobilität in Städten, immer über den Zustand der in ihren Fahrzeugen eingesetzten Batterien informiert werden.

Das Ergebnis: Das Tool ermöglicht einen effizienteren Einsatz der Batterien in den wachsenden Flotten der Scooter und Roller, frühzeitige Wartungs- und Ladungsintervalle und den zeitlich sinn-vollen Austausch der Batterien in den Fahrzeugen. Gekoppelt an die Batterie-Lösung sind Möglichkeiten für die Unter-nehmen, die verbrauchten Batterien einem Recycling zuzuführen.



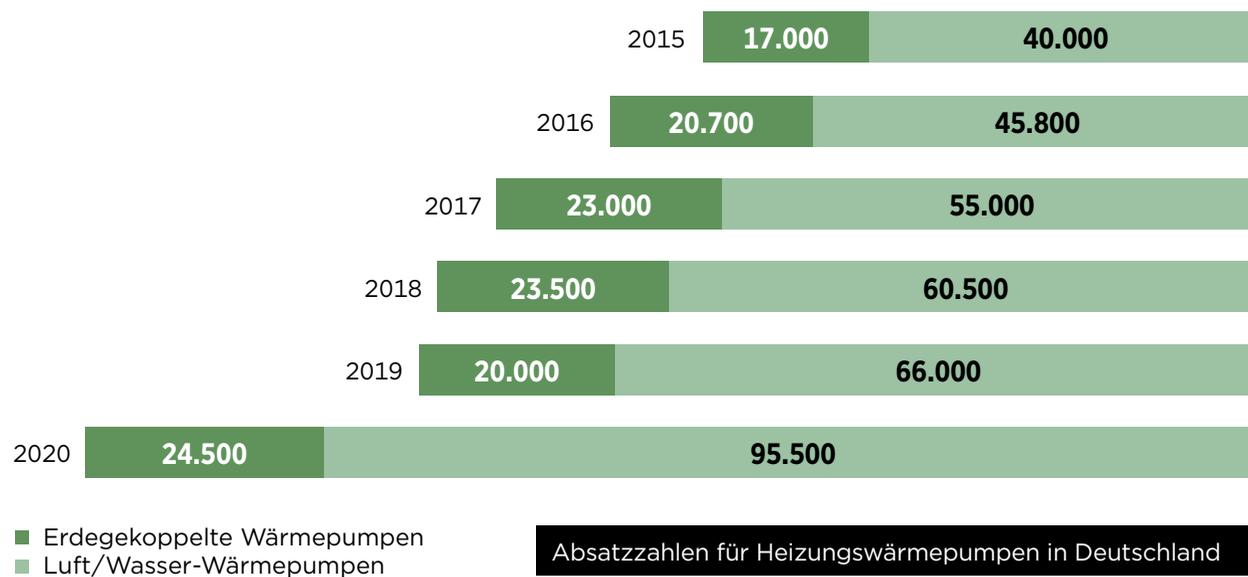
Batterize

Wärmepumpen

Die elektrische Wärmepumpe ist im Hinblick auf den klimaneutralen Umbau der Wärmeversorgung eine sehr vielversprechende Technik. Sie ist energieeffizient, da Umweltenergie aus dem Erdreich oder der Außenluft verwendet und deren Temperatur mithilfe von Strom angehoben wird. Dadurch wird die vorhandene Umgebungswärme nutzbar zur Beheizung von Gebäuden oder zur Warmwasserbereitung.

Zurzeit gilt dies vor allem für neu gebaute Einfamilienhäuser. Ziel muss es sein, die Anwendungsbereiche für die Wärmepumpe auszudehnen, z. B. durch den Einsatz in Mehrfamilienhäusern.

Dort spielt sie heute praktisch noch keine Rolle. Zwar nimmt der jährliche Absatz von Wärmepumpen kontinuierlich zu und lag im Jahr 2020 bei rund 120.000 Stück. Laut einer Untersuchung der Deutschen Energie-Agentur (Dena) müsste die Installationsrate allerdings auf über 200.000 Stück pro Jahr ansteigen, um die ursprünglichen Ziele des Klimaschutzgesetzes zu erreichen, die im Mai 2021 nochmals deutlich nachgeschärft wurden.



Ab 2030 dürfen überhaupt keine neuen Gas- oder Ölheizungen mehr in privaten Haushalten verbaut werden. Dass die Installation von Wärmepumpen trotzdem immer noch zurückhaltend verläuft, hat mehrere Gründe. Erstens ist die Erschließung der Umweltwärme in verdichteten städtischen Räumen schwieriger. Denn Außenluftwärmepumpen müssen sehr geräuscharm sein, damit niemand gestört wird. Und zur Nutzung von Erdwärmepumpen müsste das Erdreich in einer bereits dicht bebauten Umgebung erschlossen werden. Der zweite Grund: Bei Mehrfamilienhäusern gibt es für die Trinkwarmwassererzeugung deutlich höhere

Auflagen hinsichtlich des Problems der Legionellen. Gesetzlich sind Wassertemperaturen vorgeschrieben, die mithilfe von Wärmepumpen nicht erreicht werden können.

Ein weiterer zukunftsträchtiger Anwendungsbereich für die elektrische Wärmepumpe sind Wärmenetze. Bei einem großen Angebot an Strom aus erneuerbaren Energien ist es nicht zu jedem Zeitpunkt sinnvoll, ein Wärmenetz über ein Heizkraftwerk oder über Kraft-Wärme-Kopplung zu betreiben. Alternativ kann man dann Großwärmepumpen einsetzen.

„Ein großes Problem liegt darin, dass die Kosten vieler sinnvoller Energiesparmaßnahmen in vermieteten Gebäuden oftmals nicht an Mieter weitergegeben werden können, obwohl die Mieter von den Energieeinsparungen profitieren. Warum sollte der Vermieter hier tätig werden? Wenn der Vermieter Kosten für Energieeffizienzmaßnahmen auf die Mieter umlegen kann und dies tut, ist er wiederum mit dem Problem der öffentlichen Debatte über steigende Mieten konfrontiert.“

Alexander Dlouhy,
Partner / Leiter des Bereichs Dekarbonisierung,
Osborne Clarke



Grüner Wasserstoff

Große Hoffnungen in der deutschen Klimaschutzpolitik ruhen auf dem Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft – wie dies nicht zuletzt in der im Juni 2020 veröffentlichten „Nationalen Wasserstoffstrategie“ deutlich wird. Grüner Wasserstoff, der treibhausgasneutral durch die Elektrolyse von Wasser mithilfe erneuerbarer Energie produziert wird, soll fossile Energieträger, fossile Rohstoffe und fossile Vorprodukte ersetzen und auf diesem Weg die Bereiche der Volkswirtschaft dekarbonisieren, bei denen dies über einen direkten Einsatz regenerativ erzeugten Stroms nicht möglich ist. Dies gilt beispielsweise in der stofflichen Verwendung im verarbeitenden Gewerbe.

Bis 2030 geht die Bundesregierung von einem Anstieg des inländischen Wasserstoffbedarfs von aktuell rund 55 Terawattstunden auf 90 bis 110 Terawattstunden aus. Langfristig soll der größte Teil des inländischen Wasserstoffbedarfs importiert werden. Dennoch sollen bis zum Jahr 2030 rund 14 Terawattstunden Grüner Wasserstoff in Deutschland erzeugt werden – nach den jüngsten Ausführungen von Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier vom Juli 2021 sogar 19. Spätestens 2035/40 sollen es 28 Terawattstunden sein – auch diese Produktionsmenge dürfte nun nach oben korrigiert werden. Für die Produktion von 14 Terawattstunden Grünem Wasserstoff benötigte man rund 20 Terawattstunden erneuerbare Energie.

Im Jahr 2050 rechnen die beiden Fraunhofer-Institute für System- und Innovationsforschung (ISI) sowie für Solare Energiesysteme (ISE) in einer gemeinsamen Studie in Abhängigkeit vom Elektrifizierungsgrad von „plausiblen Bandbreiten“ des Wasserstoffbedarfs von 250 Terawattstunden am unteren Rand (Szenario A) und bis zu 800 Terawattstunden am oberen Rand (Szenario B). Szenario A unterstellt eine nahezu vollelektrifizierte Volkswirtschaft, in der Wasserstoff faktisch ausschließlich als Rohstoff in der Industrie genutzt wird. Szenario B geht davon aus, dass Wasserstoff auch in großem Maße als stofflicher Energieträger in den Bereichen Verkehr, Wärme und Strom benötigt wird.



„Der Markt für CO₂-arm produzierten Wasserstoff ist noch neu und schwer prognostizierbar. Wer hier ein- und aufsteigen will, muss eine klare Vorstellung von der Wertschöpfungskette und von potenziellen Gewinnquellen haben – und auch davon, was die Voraussetzungen für ein nachhaltiges Geschäftsmodell sind.“

Michael Staebe,
Partner, Bain & Company



Szenario für den Import von Grünem Wasserstoff 2050, in %

Der Trend: Für Menschen, die ihre Immobilie energieeffizient sanieren wollen, gibt es allein in Deutschland 227 verschiedene Förderprogramme. Die Bearbeitung der Anträge für Zuschüsse und die Klärung der Frage der Förderfähigkeit können bis zu drei Monate dauern.

Die Idee: In Deutschland stehen dem Potenzial von rund zwölf Millionen Eigenheimen, die energetisch saniert werden können, nur rund 10.000 Energieberater gegenüber. Auch die verschiedenen Gewerke haben oft keine Kenntnis von Fördermöglichkeiten, vor allem von verbundenen Sanierungsmaßnahmen. Eine digitale Plattform soll den Immobilienbesitzern helfen, Sanierungsmaßnahmen zu planen, kompetente Handwerker hierfür zu finden und Fördermöglichkeiten zu identifizieren. Hierzu wird eine digitale Roadmap zur Verfügung gestellt, die es den Handwerkern ermöglicht, die notwendigen Arbeiten ohne großen Zeitverzug für den Kunden abzuarbeiten.

Das Ergebnis: Durch die digitale App wird der zeitliche Aufwand zum Sammeln der notwendigen Daten für eine anstehende Sanierungsmaßnahme verringert und der Datentransfer zum Handwerksbetrieb erheblich erleichtert. Enovato konzentriert sich zunächst auf den Markt der Eigenheime. Die Refinanzierung vollzieht sich über Gebühren, die Hausbesitzer und Handwerksbetriebe zahlen und die abhängig sind von der Höhe des Sanierungsvolumens.



enovato

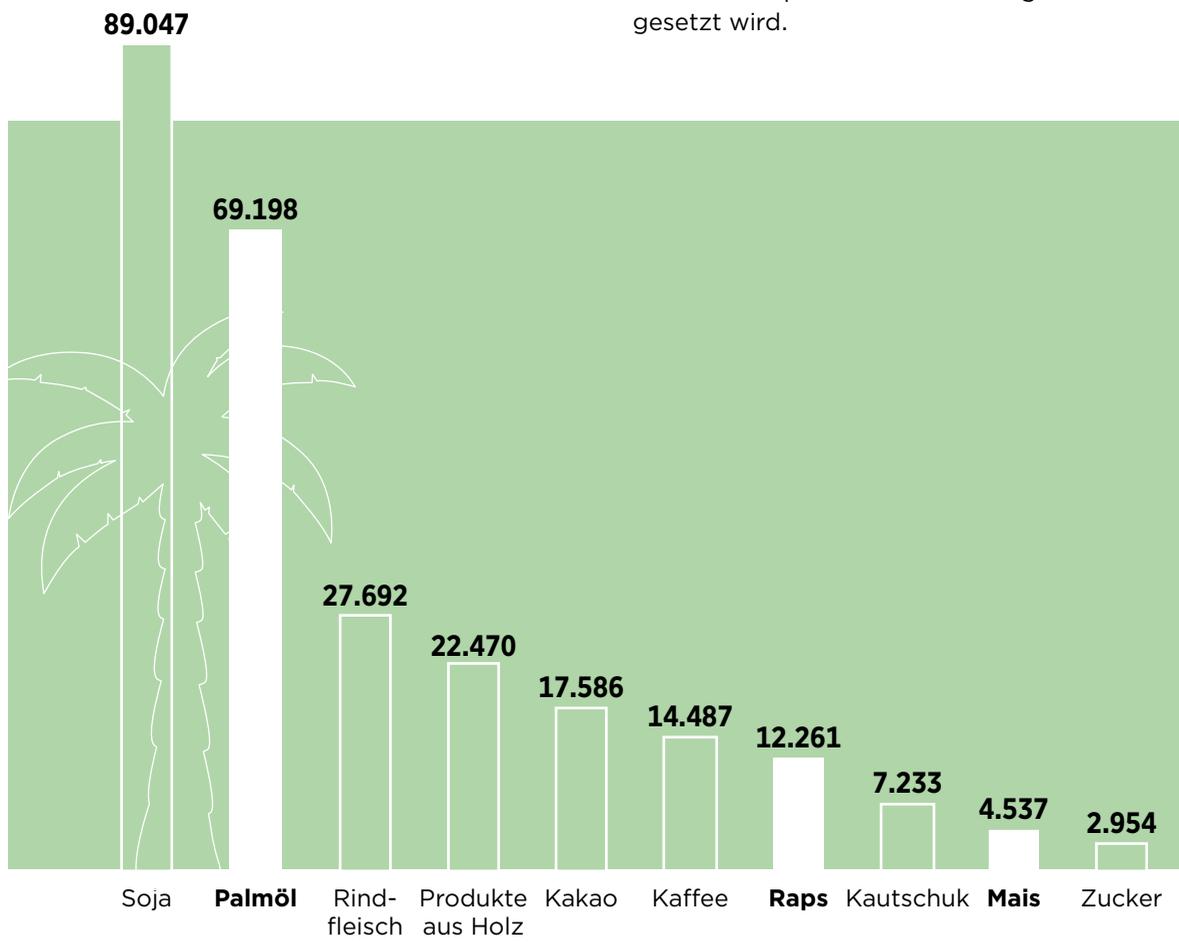
Synthetische Kraftstoffe

Auf der Suche nach weniger umweltbelastenden Alternativen für fossile Brennstoffe werden bereits seit vielen Jahren synthetische Kraftstoffe erforscht. Die bisherigen Versuche, Kraftstoffe für Otto- und Dieselmotoren aus nachwachsenden Rohstoffen wie Mais, Raps, Weizen oder Palmöl zu erzeugen, waren zwar technisch erfolgreich, sorgten mitunter aber für neue Umweltprobleme wie die Rodung von Urwäldern in Asien und Südamerika zur Errichtung von Palmölplantagen. Zudem stehen die dafür benötigten Anbauflächen nicht mehr für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung.

Anders sieht es bei Biomethan aus, das die gleichen Eigenschaften wie Erdgas besitzt und somit als Beimischung bzw. vollständiges Substitut für CNG (Compressed Natural Gas) in Erdgasautos eingesetzt werden kann. Es wird durch Gärprozesse aus Biomüll, Gülle oder Energiepflanzen erzeugt. Sofern diese Einsatzstoffe in hinreichendem Umfang als Abfallprodukte verfügbar sind, tritt die Herstellung von Biomethan nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Zudem ist die Nutzung von Biomethan nach Angaben des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft nahezu CO₂-neutral, weil die verarbeiteten Pflanzen während ihres Wachstums ebenso viel CO₂ binden, wie bei der späteren Verbrennung freigesetzt wird.

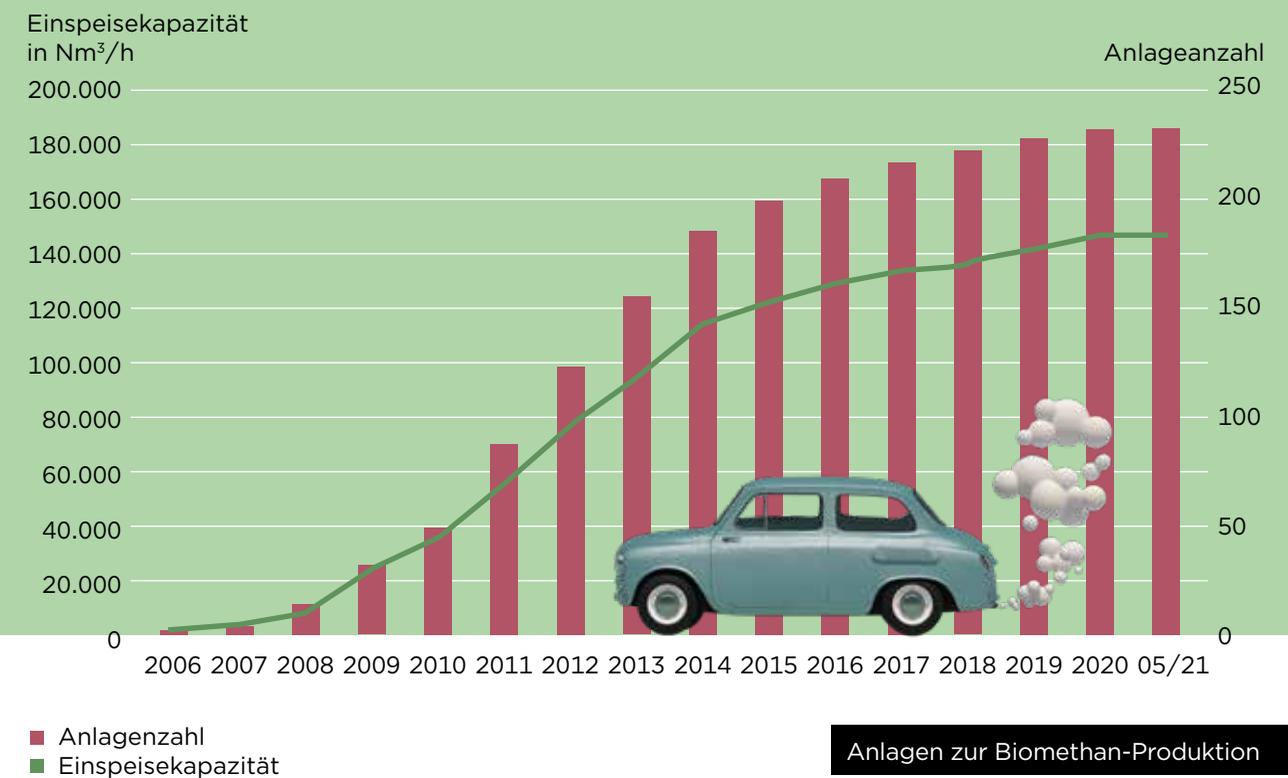
Nach Versuchen mit Abfall, Reststoffen oder auch Algen arbeiten Experten ebenfalls mit synthetischen Kraftstoffen, die auf Wasserstoff als Grundprodukt basieren. Da Wasserstoff per Elektrolyse von Wasser freigesetzt wird, spricht man von E-Fuels. Aufgrund zahlreicher einzelner Herstellungsschritte fallen bei E-Fuels allerdings hohe Umwandlungsverluste an. Von der im Prozess eingesetzten Energie bleiben in der „Well-to-Wheel“-Betrachtung, d. h. von der Primärenergiequelle bis zum Antriebsrad des Autos, am Ende nur 10 bis 15 Prozent übrig. Sinnvoll erscheint der Einsatz von E-Fuels mit Blick auf die Ökobilanz somit nur dann, wenn zu ihrer Gewinnung regenerativer Strom eingesetzt wird.

Aufgrund des schlechten Wirkungsgrads wird als Haupteinsatzgebiet von E-Fuels nicht der Pkw-Markt anvisiert, sondern vielmehr die Transportbereiche, wo keine Elektroantriebe mit Batterien oder Brennstoffzellen in Frage kommen. Das wäre vor allem in Flugzeugen und Schiffen der Fall. Der Grund: Synthetische Kraftstoffe beanspruchen wegen ihrer hohen Energiedichte nicht mehr Raum als Kerosin oder Diesel und wiegen auch nicht mehr.



Jährliche Abholzung von Tropenwäldern für in die EU importierte und konsumierte Waren, 2005 bis 2017, in Hektar pro Jahr

Quelle: WWF



Anlagen zur Biomethan-Produktion

Quelle: dena

Brennstoffzellen

Mithilfe von Brennstoffzellen wird Energie, die in chemisch gebundener Form vorliegt, in Elektrizität umgewandelt. Im Gegensatz zu Batterien, die Energie aus dem Stromnetz aufnehmen, speichern und wieder abgeben, erzeugt eine Brennstoffzelle elektrischen Strom „auf Knopfdruck“ aus der Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff. Zwar entstehen im Gegensatz zu einer Batterie bei der Nutzung dieser Technologie Abgase – allerdings in Form von klimaneutralem Wasserdampf. Der notwendige Wasserstoff wird in einem Tank gelagert und kann wie Benzin an einer Tankstelle nachgefüllt werden. Der Sauerstoff kommt aus der Luft.

Die Energieerzeugung in einer Brennstoffzelle hat einen höheren Wirkungsgrad als die direkte Verbrennung von E-Fuels. Jedoch hat der britische Expertenrat für Klimafragen (Committee on Climate Change) berechnet, dass ein batteriebetriebenes Auto, das mit Strom aus einer Windkraftanlage geladen wird, rund 86 Prozent der Turbinenleistung in Antriebsenergie umwandelt. Bei einem Brennstoffzellenauto sind es dagegen nur 40 bis 45 Prozent.

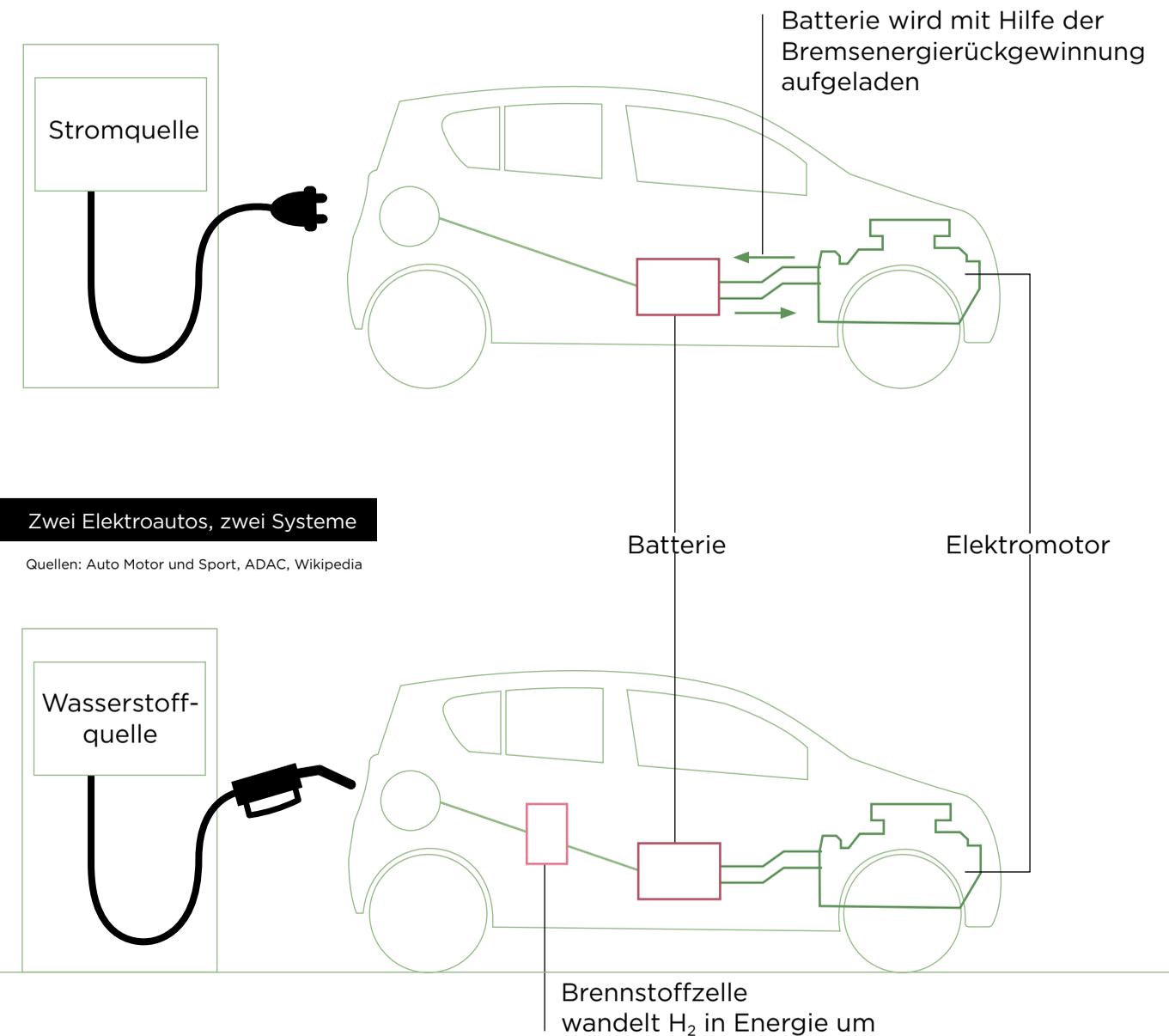
Andererseits ist die Brennstoffzelle speziell auf der Langstrecke derzeit mit einer Reichweite von bis zu 700 Kilometern und einer Auftankzeit von ungefähr drei Minuten gegenüber der Lithium-Ionen-Batterie im Vorteil. Denn die Ladung einer Elektrobatterie mit einer Größe von 64 kWh und einer Systemspannung von 400 Volt auf ein Niveau von 80 Prozent dauert an einer durchschnittlichen Autobahn-Schnell-ladesäule mehr als 50 Minuten – und an der heimischen Wallbox sogar vier-einhalb Stunden. Für eine Strecke von

700 Kilometern müsste man die Batterie etwa zweimal aufladen. Zudem treten – anders als bei der Brennstoffzelle – mit der Zeit Leistungsverluste ein.

Auch für die Dekarbonisierung der Schiff- und Luftfahrt ist die Brennstoffzelle von Interesse, selbst wenn damit Laderaum zugunsten der relativ großen Wasserstofftanks weichen muss. Um der Brennstoffzelle bei der Elektrifizierung des Verkehrssektors zum Durchbruch zu verhelfen, haben 13 internationale Energiekonzerne und Autohersteller 2017 das „Hydrogen Council“ gegründet, dem sich mittlerweile zahlreiche weitere Firmen angeschlossen haben. Damit sich die Technologie am Markt durchsetzen kann, müsste unter anderem auch ein engmaschiges Netz an Wasserstoff-tankstellen aufgebaut werden. Im Juni 2021 gab es in Deutschland allerdings erst 92 rund um die Uhr zugängliche Wasserstofftankstellen. Für eine flächendeckende Versorgung werden aber etwa 1.000 benötigt.

„Im Mai 2021 wurde in Deutschland ein neues Paket geschnürt, mit dem 8 Milliarden Euro in Wasserstoff-Projekte gehen. Allerdings werden überwiegend Großkonzerne oder Mittelständler gefördert. Dass die Innovationskraft von Startups vernachlässigt wird, ist ein großes Problem.“

*Martin Pentenrieder,
Co-Founder,
Kraftwerk*



Energieverteilung

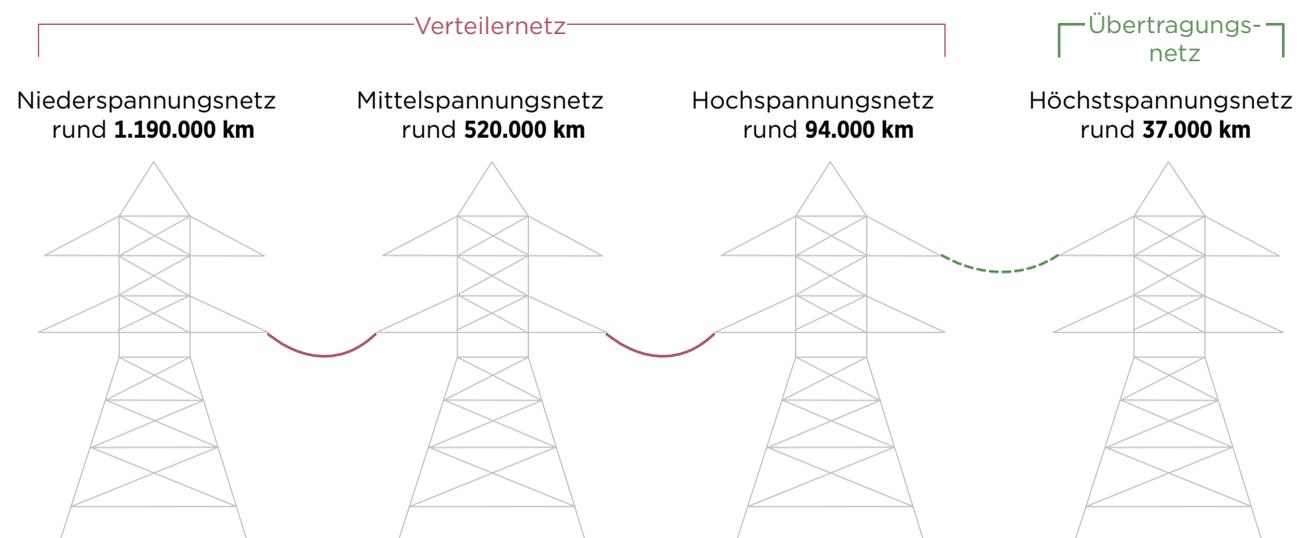
Ausbau der Stromnetze

Der Ausbau der Stromnetze ist eine notwendige Rahmenbedingung einer erfolgreichen Energiewende und Klimaschutzpolitik. Im Fokus steht dabei die Überbrückung der räumlichen Distanz zwischen Stromproduzenten an und in der Nord- bzw. Ostsee und den Verbrauchszentren im Süden Deutschlands. Selbst wenn man davon ausgeht, dass infolge des Ausbaus der Photovoltaikanlagen ein Teil des in Bayern und Baden-Württemberg benötigten Stroms lokal erzeugt werden kann, muss der Großteil aus den Küstenländern „importiert“ werden. Auch in Nordrhein-Westfalen wächst nach dem Ausstieg aus der Kohleverstromung der Bedarf an regenerativ erzeugtem Strom.

Laut Entwurf des Netzentwicklungsplans besteht ein Neubaubedarf von knapp 5.000 Kilometern an Übertragungsnetzen, die den Strom über lange Strecken transportieren, dazu kommen notwendige Verstärkungen bei über 7.300 Kilometern des Netzes. Die Übertragungsnetzbetreiber sehen in

Abhängigkeit vom unterstellten Szenario einen Investitionsbedarf von bis zu 79 Milliarden Euro für das Onshore-Netz und bis zu 38,5 Milliarden Euro für die Anbindung der Offshore-Windkraftanlagen.

Neben den Übertragungsnetzen müssen auch die Verteilnetze ausgebaut werden. Schon heute wird auf der Verteilnetzebene der Überschussstrom von rund 1,6 Millionen dezentralen Energieerzeugern, vor allem Photovoltaikanlagen, eingespeist. Das ist der Strom, der von den Produzenten nicht selbst verbraucht wird. Damit steigen die Anforderungen an die 900 Verteilnetzbetreiber in Deutschland massiv. Sie müssen den Strom nicht mehr wie bisher nur als Einbahnstraße von den Übertragungsnetzen zu den Hausanschlüssen weiterleiten, sondern auch in die Gegenrichtung. Der Aufwand für Betrieb und Steuerung der Verteilnetze in beide Richtungen steigt enorm. Die Verteilnetzbetreiber rechnen in den kommenden Jahren mit Investitionen im mittleren zweistelligen Milliardenbereich, um die Verteilnetze entsprechend umzurüsten.



Das deutsche Strom-Verteilernetz

Quelle: BMWi

Der Trend: Unternehmen des produzierenden Sektors haben in der Regel sehr hohe Energiekosten und langfristige Energielieferverträge. Das Ausweichen auf erneuerbare Energien ist in diesen bestehenden Verträgen schwierig, würde sich aber gegebenenfalls bei einer Änderung der Produktionszyklen lohnen.

Die Idee: Endeema entwickelt eine digitale Plattform, auf der Unternehmen ihre Produktionszeiten und die daraus resultierenden Energiebedarfe berechnen können. Dadurch kann der Energiebedarf besser auf einen Mix von fossilen und erneuerbaren Energieträgern ausgerichtet werden. Das führt zu einer Kostenersparnis bei den Unternehmen.

Das Ergebnis: Das Team hat einen Prototyp einer solchen Plattform entwickelt, auf der die Preise und Verfügbarkeiten von Anbietern erneuerbarer Energien abrufbar sind. Wettervorhersagen ermöglichen eine bessere Planung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger. Die Nutzung dieses Systems versetzt Unternehmen in die Lage, bis zu 109 Euro pro MWh und bis zu 44 Kilogramm CO₂ pro MWh einzusparen.

Fazit: In einem Markt mit verhältnismäßig inflexiblen Energielieferverträgen lassen sich einer vom Team durchgeführten Marktstudie zufolge rund 15 Prozent der Energiekosten flexibel gestalten. Genau hier setzt die Plattformlösung von Endeema an. Im Fokus liegen die Stahl- und die chemische Industrie, die Aluminium-, Zement- und Papierhersteller. Im September soll das MVP gebaut werden, sodass die Erprobung im Dezember beginnen kann.



Endeema

Ausbau der Wärmenetze

Fernwärme gewinnt insbesondere in Ballungsräumen an Bedeutung. Sie ermöglicht die Beheizung und Warmwasserbereitung per Leitung und ersetzt damit Ölkessel, Gasthermen und Boiler im Haus. Durch einen Ausbau der Wärmenetze kann die Dekarbonisierung vorangetrieben werden, denn die Gebäudewirtschaft trägt zu über 16 Prozent der Treibhausgasemissionen in Deutschland bei. Schon heute ist Fernwärme fast in jeder Stadt anzutreffen. Über diese Infrastrukturen werden nach Angaben des Energieeffizienzverbands für Wärme, Kälte und KWK (AGFW) 14 Prozent des deutschen Wohnungsmarkts mit Wärme versorgt. Und bis 2030 könnten es bei der derzeitigen Marktentwicklung bis zu 30 Prozent sein.

Wärmenetze sind heute vorwiegend in urbanen Räumen vorhanden und werden auf der Basis der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben. Durch die Nutzung industrieller Abwärme oder erneuerbarer Energien tragen sie zu einer effizienten und nachhaltigen Wärmeversorgung bei. Deshalb erwartet das Bundeswirtschaftsministerium, dass in dicht besiedelten Gebieten überwiegend Wärmenetze die Versorgung der Bevölkerung übernehmen. Der Vorteil für Gebäudeeigentümer besteht darin, dass sie keine eigenen Anlagen mehr betreiben müssen und beim Heizen auf fossile Brennstoffe verzichten. Dies kann angesichts der perspektivisch steigenden CO₂-Preise zur Senkung der Energiekosten beitragen.

Wärmenetze sind im Wandel. Auf dem Weg zu treibhausgasneutralen Quartieren besteht ihre Rolle künftig nicht mehr allein darin, zentral erzeugte Wärme großflächig zu verteilen. Stattdessen müssen sie die Sammlung von Wärme aus verschiedenen Quellen und ihre Verteilung an die Endverbraucher

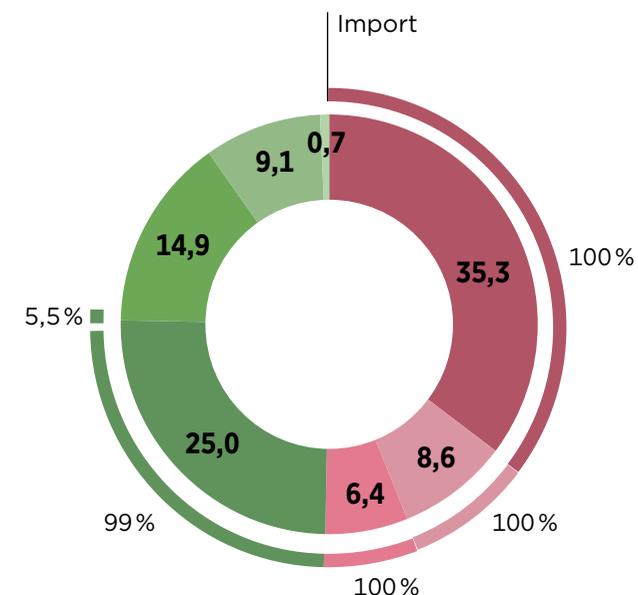
synchronisieren. Nach Einschätzung des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE) sollte der Energieanteil der leitungsgebundenen Wärmeerzeugung bis 2030 auf 37 Prozent erhöht werden, um die Klimaziele zu erreichen. Die Studie beziffert den dafür erforderlichen zusätzlichen Netzausbau auf 85.000 Kilometer bzw. 5,7 Millionen Hausanschlüsse. Damit müsste das derzeitige Ausbautempo mindestens um das Sechsfache ansteigen. Das erforderliche Wachstum der Fernwärmeinfrastruktur kann allerdings nur gelingen, wenn die Technologie auch bei den Kunden auf eine hohe Akzeptanz stößt.



Importanteil des deutschen Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2019, in %

Quellen: AGEB, Umweltbundesamt

- Mineralöl
- Steinkohle
- Kernenergie
- Erdgas
- Erneuerbare
- Braunkohle
- Sonstige



Energieimporte

Deutschland ist heute in starkem Maße auf Energieimporte angewiesen. Rund 75 Prozent des Primärenergiebedarfs werden aus dem Ausland eingeführt. Da Deutschland selbst im günstigsten Fall bis 2050 nicht mehr als 30 bis 40 Prozent seines Bedarfs an Grünem Wasserstoff und Wasserstoffderivaten aus der inländischen Produktion decken kann, spielen Importe auch in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Energie- und Rohstoffversorgung der Volkswirtschaft. Deutschland wird auch zur Mitte des Jahrhunderts ein Importland von Energie und Rohstoffen sein. Bis 2050 werden die Importe deutlich ansteigen. Das Forschungszentrum Jülich beziffert den Einfuhrbedarf auf 219 Terawattstunden – und bildet damit den unteren Rand der Schätzungen ab. Der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) und das Wirtschaftsforschungsunternehmen Prognos sehen einen Importbedarf von 340 Terawattstunden wasserstoffbasierter synthetischer Brenn- und Kraftstoffe. In der Dena-Studie zur Energiewende wird für 2050 in Abhängigkeit vom gewählten

Technologiemix eine Nachfrage nach Wasserstoff und Wasserstoffderivaten in Höhe von 396 Terawattstunden bei einer forcierten direkten Elektrifizierung der Volkswirtschaft und 744 Terawattstunden im technologieoffenen Modell berechnet.

Im Jahr 2050 wird in einer Studie des Energieberatungsunternehmens Ludwig Bölkow Systemtechnik ein jährlicher globaler Wasserstoffbedarf von bis zu 9.000 Terawattstunden erwartet. Aktuell entspricht dies der gesamten weltweit durch erneuerbare Energien erzeugten Primärenergie. Der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft erfordert demnach auch im globalen Maßstab einen umfassenden Ausbau der erneuerbaren Energien.

Deutschlands Importnachfrage steht dabei im Wettbewerb mit dem Einfuhrbedarf anderer entwickelter Volkswirtschaften, die vergleichbare nationale Wasserstoffstrategien verfolgen, da deren einheimische Produktionskapazitäten ebenfalls hinter der prognostizierten Gesamtnachfrage zurückbleiben.

Carbon Capture

Bewahrung und Förderung natürlicher Treibhausgasen

Beim Kampf gegen den Klimawandel kommt auch der Erhaltung und Wiederherstellung natürlicher Treibhausgasen eine wichtige Rolle zu. Hierzu zählen Meere, Wälder und intakte Moore. Denn die Natur selbst leistet bereits einen bedeutenden Beitrag zur Abscheidung und Speicherung von Kohlenstoffdioxid. Rund die Hälfte der

global produzierten CO₂-Emissionen wird von Ökosystemen aufgenommen und gelangt somit gar nicht erst in die Atmosphäre.

Deutschlands wichtigste natürliche Treibhausgasenke ist der Wald, wo derzeit Bäume auf einer Fläche von 11 Millionen Hektar Kohlenstoffdioxid aufnehmen und speichern. Die Senkenleistung des Waldes liegt laut einem Gutachten des Öko-Instituts vom August 2021 bei 60 Millionen Tonnen

CO₂-Äquivalenten pro Jahr, werde aber infolge von Schäden durch die Erderwärmung stark zurückgehen.

Die natürlichen Senken aus Landnutzung, Landnutzungsveränderung und Forstwirtschaft (Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) sollen laut Bundes-Klimaschutzgesetz einen Nettobeitrag von minus 40 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten leisten, um das Klimaneutralitätsziel bis 2045 zu erreichen. Laut Umweltbundesamt liegen diese Nettoemissionen derzeit bei minus 16,5 Millionen Tonnen. Auch das „Fit for 55“-Paket der EU-Kom-

mission beinhaltet detaillierte Pläne für den LULUCF-Sektor mit dem Ziel einer Senkenleistung von insgesamt 310 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten. Europaweit beträgt diese aktuell 268 Millionen Tonnen.

Da der menschengemachte Klimawandel dem Zustand der Wälder bereits immer mehr zusetzt, sind weitreichende Gegenmaßnahmen gefordert. Das Potenzial von Ökosystemen als natürliche Senken kann durch nachhaltigen Holzeinschlag in resilienten Waldbeständen sowie durch die Wiedervernässung von Moorböden aktiv erhöht werden.



Emissionen und Senken im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft, Treibhausgase 2019, in Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente

Quelle: Bundesumweltamt

Technologische Abscheidung und Speicherung

Es gibt auch technologische Möglichkeiten, Kohlenstoffdioxid abzuscheiden und zu speichern. Ein Weg besteht darin, das bei der Verwendung fossiler Energieträger entstehende CO₂ abzutrennen, abzutransportieren und sicher einzulagern (Carbon Capture and Storage, CCS).

Ein aktuelles Beispiel ist die Erzeugung von Blauem Wasserstoff. Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft soll mittel- und langfristig ausschließlich auf der Basis von CO₂-freiem Grünem Wasserstoff erfolgen. Als Brückentechnologie, um den Markthochlauf zu beschleunigen, könnte auch CO₂-armer Blauer Wasserstoff genutzt werden. Dieser basiert technisch auf der Dampfreformierung von Erdgas. Neu ist die daran gekoppelte Abtrennung, der Abtransport sowie die sichere Einlagerung des als „Abfallprodukt“ entstehenden Kohlenstoffdioxids.

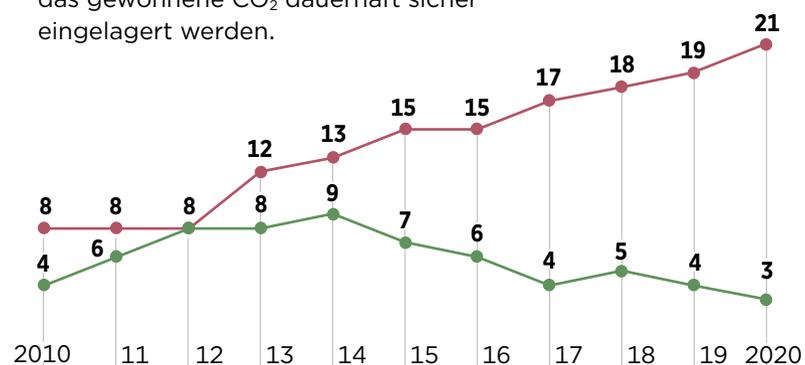
Der kritische Faktor ist die Verfügbarkeit dauerhaft sicherer und ausreichend groß bemessener Speichermöglichkeiten für CO₂. Denn bei der Produktion von 100 Terawattstunden Wasserstoff müssen auf der Basis direkter CO₂-Emissionen von 9,5 Kilogramm je Kilogramm Wasserstoff und einer CO₂-Abscheidungsrate von 90 Prozent rund 26 Millionen Tonnen CO₂ eingelagert werden, wie eine Studie des Öko-Instituts unterstreicht.

Neben der Wasserstoffwirtschaft ist der Einsatz von CCS-Technologien auch für energieintensive Industrien wie Zement, Kalk, Stahl und Chemie von Interesse. Nach Einschätzung von Prognos, dem Öko-Institut und dem Wuppertal

Institut könnten erste CCS-Anlagen in der Zementindustrie bereits 2030 in Betrieb sein, wenn die dazu nötigen Infrastrukturinvestitionen frühzeitig in Angriff genommen werden.

Dabei ist der Bau von CO₂-Speichern in Deutschland aus heutiger Sicht eher unwahrscheinlich, da die gesellschaftlichen Widerstände gegen unterirdische CO₂-Speicher an Land zu stark sind, wie eine Studie des Handelsblatt Research Institute im Auftrag von Uniper zeigt. Die deutschen Speichermöglichkeiten in der Nordsee sind sehr begrenzt und auf Lagerstätten im Ausland werden deutsche Unternehmen auf absehbare Zeit nicht zugreifen können.

Eine zweite Möglichkeit, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren, ist die nachträgliche Filterung des Kohlenstoffdioxids aus der Atmosphäre (Direct Air Carbon Capture and Storage, DACCS). In der Landwirtschaft und auch in einzelnen industriellen Prozessen werden selbst im Jahr 2045 noch Restemissionen verbleiben. Erste Anlagen befinden sich im Versuchsstadium. Kritische Erfolgsfaktoren sind die Leistungsfähigkeit der Anlagen, deren Energieverbrauch sowie die Speichermöglichkeiten, denn auch in diesem Fall muss das gewonnene CO₂ dauerhaft sicher eingelagert werden.



im Betrieb ■
Im Bau ■

Weltweite Verbreitung von Großanlagen zur Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂, Anzahl der Anlagen

Quelle: IEA

Der Trend: Industrielle Abwässer sind zu meist hochgradig belastet. Diese Abwässer werden in der Regel in kommunale Klärkreisläufe zur Aufbereitung geleitet, ohne dass die im Abwasser enthaltenen Schadstoffe genutzt werden.

Die Idee: Schwermetalle und Schadstoffe im Wasser bieten ein großes Potenzial des energetischen Recyclings und für die Reduktion von CO₂. Hier haben sich vor allem die Wasserlinsengewächse der Gattung Lemnoideae, die sogenannte Entengrütze, bewährt. In einer von Aquack prospektierten Anlage, die auf 2000 Kubikmeter Wasser pro Tag und einen Hektar Größe berechnet ist, lassen sich durch den Einsatz von Lemnoideae 120 Kubikmeter Biogas gewinnen. Die CO₂-Emissionen eines Unternehmens lassen sich mit einer einzigen Anlage dieser Größe um 2300 Kilogramm pro Tag reduzieren. Die beim Umwandlungsprozess in Biogas gewonnene Asche enthält zudem die zuvor im Wasser gebundenen Schwermetalle, die zu 70 Prozent dem Recycling zugeführt werden können. Zudem ist das Abwasser vor Einleitung in ein Klärwerk schon erheblich gereinigt.

Das Ergebnis: Anlagen, die auf diesem Verfahren basieren, können sich für Unternehmen durch die Energiegewinnung, die Verringerung von CO₂-Emissionen und die Rückgewinnung von Schwermetallen rechnen.



Digitale Transformation

Smart Grids/Smart Meters

Der wachsende Anteil der volatilen regenerativen Stromerzeugung, der in das Verteilnetz eingespeist wird, erfordert nicht nur einen umfangreichen Netzausbau, sondern auch Maßnahmen zur Netzstabilisierung wie ein „intelligentes Stromnetz“. Es erlaubt eine Flexibilisierung der Stromnachfrage von Unternehmen und Privathaushalten durch variable Stromtarife, die Angebot und Nachfrage in Übereinstimmung bringen – und verringert damit das Risiko von lokalen Netzengpässen.

Für den Aufbau eines intelligenten Stromnetzes, eines Smart Grid, ist ein intelligentes Messsystem notwendig, das aus einem digitalen Smart Meter und einer Kommunikationseinheit – dem Smart Meter Gateway – besteht. Dieser stellt über das Internet die Verbindung zwischen Endverbraucher und Energieversorger her. Das Smart Grid schafft auf diesem Weg eine hohe Transparenz über den Zustand der Verteilnetze und erlaubt die zeitnahe Steuerung von Erzeugungskapazitäten und Lasten sowie eine dynamische Elektrizitätsbepreisung.

Die Einbaupflicht für Letztverbraucher besteht ab einem Jahresstromverbrauch von mehr als 6.000 Kilowattstunden oder für Anlagenbetreiber mit einer installierten Leistung von mindestens sieben Kilowatt. Für kleinere Haushalte oder Betreiber ist der Wechsel zu einem intelligenten Messsystem freiwillig. Privathaushalte, die der Einbaupflicht nicht unterliegen, sind noch zögerlich.

Trotz der ehrgeizigen deutschen Energiewendeziele ist der Zeitplan wenig ambitioniert. Bis 2032 sollen zumindest alle analogen Stromzähler auf digitale Smart Meter umgerüstet sein; eine Pflicht, diese mit einem Smart Meter Gateway zu koppeln, besteht jedoch nicht.



„Eine Energiewende ohne digitale Unterstützung wird nicht funktionieren. Wir brauchen Smart Meters und digitale Energiemanagement-Systeme. Wir werden zukünftig auch für eine funktionierende Sektorenkopplung künstliche Intelligenz benötigen, um einen optimalen Ausgleich zwischen Erzeugung, Verbrauch, Speicherung und Verteilung zu finden.“

Tobias Hofmann,
Leiter Quartersysteme,
Vonovia

Mannheim Hamburg



Leverkusen

München



Köln

Heidelberg



Bottrop

Osnabrück

Karlsruhe

Göttingen



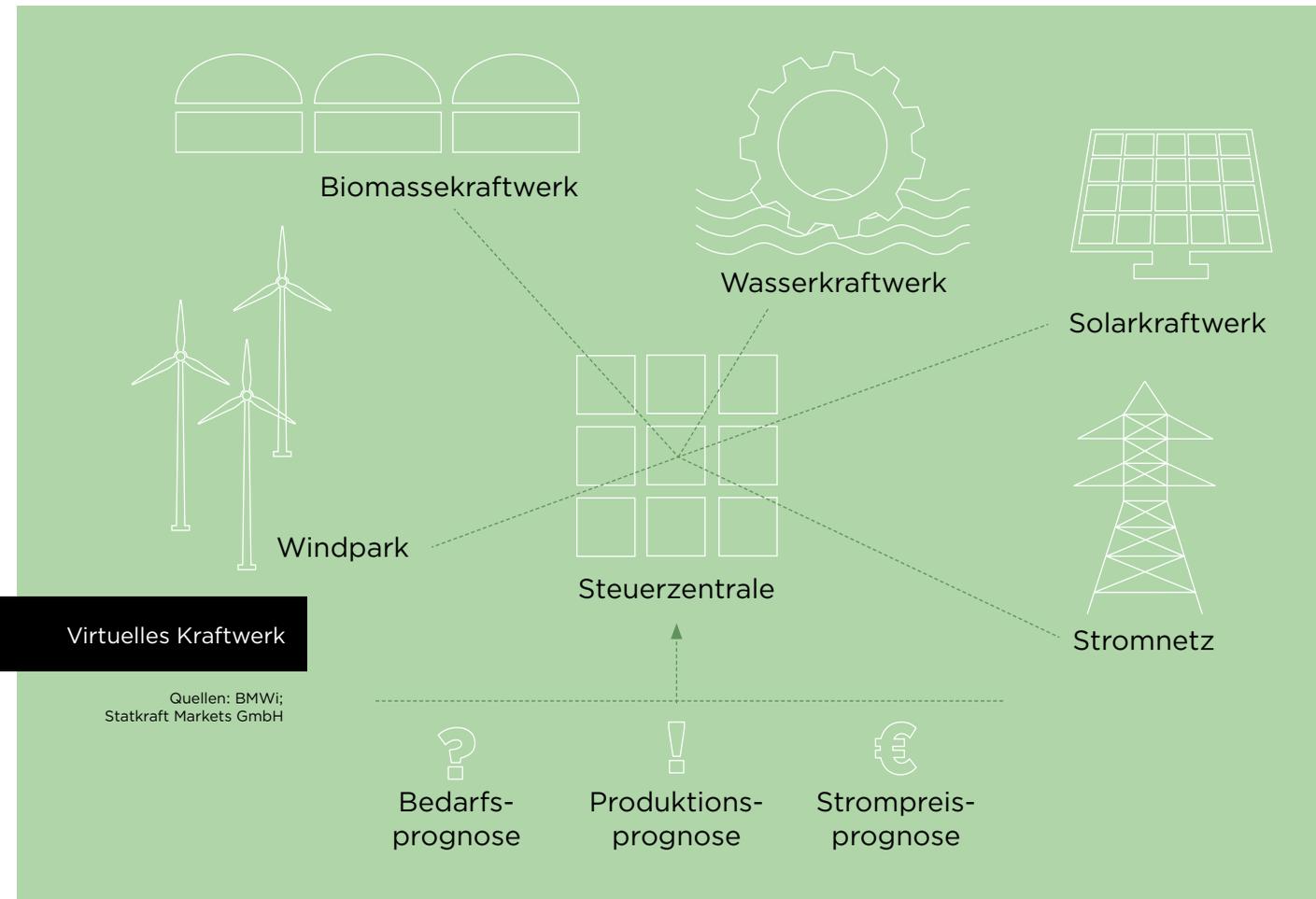
Smart City Index: Deutsche Großstädte mit den meisten Projekten im Bereich Smart Grids/Smart Meters 2020

Quelle: Bitkom

Virtuelle Kraftwerke

Dezentrale Erzeugungsanlagen für erneuerbare Energien (regelbar und nicht regelbar) können zu virtuellen Kraftwerken zusammengeschlossen werden. Diese bündeln eine Vielzahl regenerativer Erzeugungskapazitäten aus Wind, Sonne, Wasser und Biomasse und bringen sie so effizienter in den Markt. Ihr Ziel besteht darin, die fragmentierte Erzeugungsstruktur über räumliche Distanzen zu konzentrieren und den Strom gemeinsam flexibel zu vermarkten. Virtuelle Kraftwerke übernehmen damit in Zukunft die Aufgaben klassischer thermischer Kraftwerke, die Gas, Kohle oder Mineralöl zur Stromerzeugung verwenden. Neben den Stromerzeugern können auch Stromverbraucher oder Stromspeicher Teil eines virtuellen Kraftwerks werden.

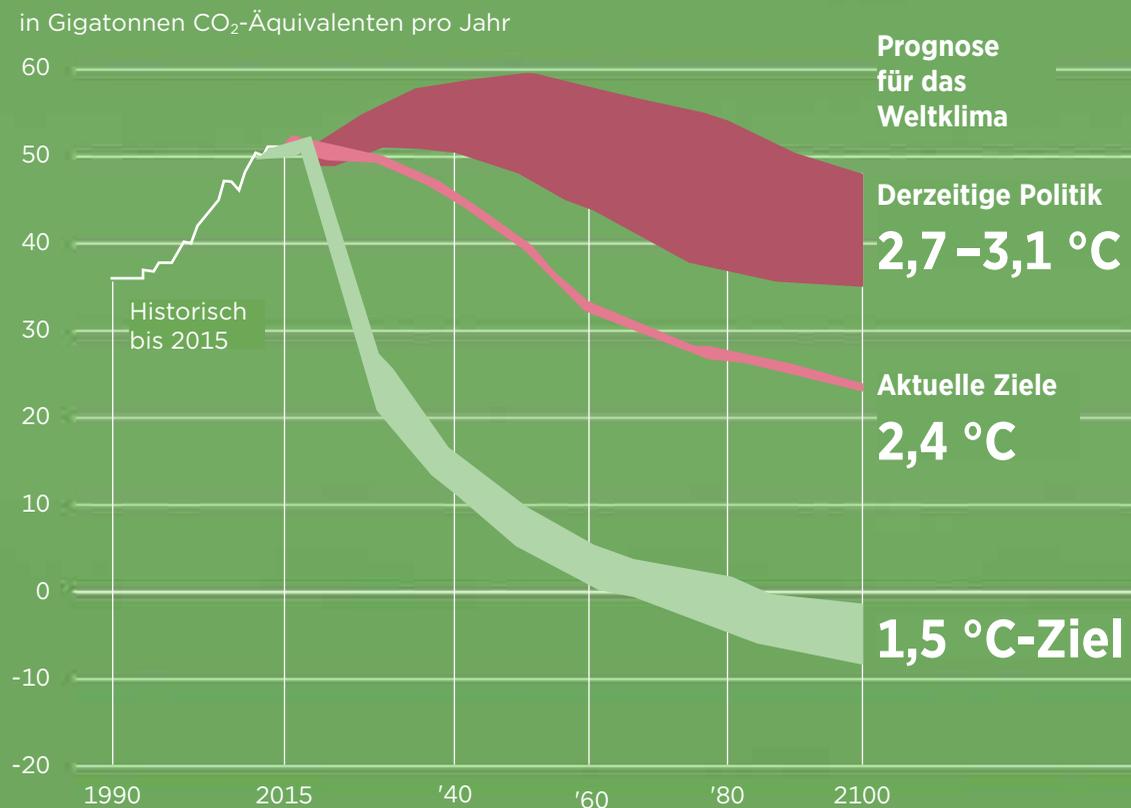
Virtuelle Kraftwerke sind aufgrund der unterschiedlichen Erzeugungs- und Speichertechnologien im Betrieb technisch anspruchsvoll. Sie nutzen digitale Steuerungs- und Vernetzungstechnologien, die dezentralen Einheiten kommunizieren über ein Smart Grid in Echtzeit. Damit werden die einzelnen Anlagen koordiniert, wodurch sie wie ein einzelnes Großkraftwerk auf Veränderungen des Netzzustands und den Abruf von Regelenergie durch die Übertragungsnetzbetreiber reagieren können. Im Stromhandel ist das virtuelle Kraftwerk zudem in der Lage, schnell auf Preissignale zu reagieren und seine Fahrweise dementsprechend anzupassen.



Virtuelles Kraftwerk

Quellen: BMWi;
Statkraft Markets GmbH

DER ENERGIE- WENDE



Erderwärmung bis 2100, Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen

Quelle: Climate Action Tracker



SZENARIO

BUSINESS AS USUAL

Die bisherigen Klimaschutzbemühungen sind noch nicht schnell und tiefgreifend genug, um die Weltwirtschaft auf einen Entwicklungspfad zu bringen, der mit dem Pariser Klimaabkommen im Einklang steht. So warnte der Weltklimarat IPCC im August 2021, dass die globale Durchschnittstemperatur bis zum Ende des Jahrhunderts um fast 5 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau liegen könnte, sofern der Mensch seinen bisherigen Lebensstil fortsetzt. Der durchschnittliche Anstieg des Meeresspiegels würde in diesem Szenario 73 Zentimeter betragen, innerhalb einer Bandbreite von 53 bis 97 Zentimetern. „Business as Usual“ ist folglich keine gangbare Alternative.

Der künftige Temperaturanstieg hängt davon ab, wie viele Treibhausgase noch kumuliert in die Atmosphäre aufsteigen – und wie viele Wälder gerodet oder Moore trockengelegt werden. Denn neben den Meeren und Seen wirken diese als natürliche Senken, indem sie CO₂ binden. In allen betrachteten Szenarien des Weltklimarats wird die globale Oberflächentemperatur bis mindestens Mitte des Jahrhunderts weiter ansteigen. Und eine globale Erwärmung von unter 2 Grad Celsius wird im Laufe des 21. Jahrhunderts überschritten, sofern die Emissionen nicht bereits in den kommenden Jahrzehnten drastisch reduziert werden.

Klimaschutz ist ein sogenanntes Kollektivgut, denn kein einzelnes Land kann die Erderwärmung im Alleingang aufhalten. Zudem werden die Erfolge der Energiewende voraussichtlich erst in vielen Jahrzehnten sichtbar werden, während die Kosten einer konsequenten Emissionsvermeidung unmittelbar heute anfallen. Daraus ergibt sich ein doppeltes Dilemma, insbesondere auch für demokratische Staaten: Zum einen gibt es starke Anreize, abzuwarten und anderen Ländern den Vortritt zu lassen, um quasi kostenlos an den Früchten fremder Klimaschutzbemühungen teilzuhaben. Zum anderen sind politische Maßnahmen grundsätzlich unpopulär, wenn sie die heutige Wählergeneration belasten, aber einen spürbaren Erfolg erst in der mittleren bis langen Frist versprechen. Denn demokratische Entscheidungen sind tendenziell auf den Entscheidungshorizont der nächsten Wahlperiode zugeschnitten. Deshalb kommt internationalen Klimaverhandlungen eine besondere Bedeutung zu, um möglichst viele Länder an Bord zu holen und auf gemeinsame Ziele zu verpflichten.

Mit dem Pariser Klimaabkommen der Vereinten Nationen ist dies prinzipiell gelungen. Jedoch hat der überwiegende Teil der Regierungen noch nicht genügend konkrete Maßnahmen auf den Weg gebracht, um die getroffenen Zu-

sagen auch tatsächlich umzusetzen. Auf der Grundlage der bislang eingeleiteten Programme wird es nach Berechnungen internationaler Forschungsinstitute für den „Climate Action Tracker“ bis zum Jahr 2100 zu einer Erderwärmung um 2,7 bis 3,1 Grad Celsius kommen. Dies ist zwar ein Fortschritt gegenüber dem derzeitigen Trend, aber immer noch rund doppelt so hoch wie das angestrebte Klimaziel von 1,5 Grad Celsius. Somit müssen die Regierungen weltweit dringend ihr Handeln verstärken. Die Gefahr besteht jedoch, dass dies an den beschriebenen Beharrungstendenzen und der gedanklichen Ausrichtung auf kurzfristige Wahlerfolge scheitert.

Obwohl das Umweltbewusstsein der Bevölkerung hierzulande vergleichsweise hoch ist, wird auch Deutschland seine Klimaziele bei einem politischen „Weiter so“ aller Voraussicht nach ver-

fehlen. Für das Jahr 2021 zeigen dies bereits die vorliegenden Halbjahresdaten zur Nettostromerzeugung, die vom Fraunhofer ISE erhoben worden sind. Der Thinktank Agora Energiewende erwartet den höchsten Jahresanstieg der Treibhausgasemissionen seit 1990 – nachdem 2020 aufgrund der Corona-Krise die Vorgaben des Klimaschutzgesetzes eingehalten wurden. Aber auch bis 2030 deuten die Prognosen des Bundesumweltministeriums im Rahmen des aktuellen, noch unveröffentlichten Klimaschutzberichts darauf hin, dass der derzeitige Entwicklungspfad nicht nachhaltig ist. Demnach würden die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 49 Prozent und bis 2040 um 67 Prozent sinken, jeweils im Vergleich zum Referenzjahr 1990. Geplant sind aber 65 bzw. 88 Prozent, um ab 2045 das Netto-Null-Emissionsziel zu erreichen.



„Wir haben noch keine realistische Vorstellung und unterschätzen den weiter steigenden Energieverbrauch in Deutschland massiv. Wenn wir den Ausbau an nachhaltiger Energieerzeugung nicht deutlich beschleunigen und uns nicht noch viel stärker darauf fokussieren, wie man dem steigenden Energieverbrauch entgegenwirken kann, werden wir die anvisierten Ziele bis 2030 nicht erreichen.“

Andreas Schick,
Chief Operating Officer,
Schaeffle



SZENARIO

KEEP THE PROMISE

Ein Großteil der Weltgemeinschaft hat sich mittlerweile Netto-Null-Ziele gesetzt – laut Climate Action Tracker sind es aktuell 131 Länder, die etwa 73 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen verursachen. Das sind prinzipiell gute Nachrichten für die Klimapolitik. Aber nur, wenn alle Regierungen schnell in den Notfallmodus wechseln und kurzfristig passende Maßnahmen umsetzen, können die weltweiten Emissionen in den nächsten zehn Jahren noch halbiert werden, wie es das Pariser Abkommen vorsieht. National festgelegte Beiträge sind das Kernstück dieses Abkommens. Sie verkörpern die Bemühungen jedes Landes, die nationalen Emissionen zu reduzieren und sich an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen. Jedoch haben politische Absichten und Zielsetzungen allein noch keine realwirtschaftlichen Auswirkungen.

Auf dem internationalen Klimagipfel der Staats- und Regierungschefs im April 2021 hat der amerikanische Präsident Joe Biden sein Land zurück in das Pariser Klimaabkommen geführt. Die dort getroffenen Zusagen bedeuten eine Reduktion der prognostizierten Erderwärmung um 0,2 Grad Celsius. Nach den Berechnungen des Climate Action Tracker gilt demnach: Sofern



„Um den Ausstoß von Treibhausgasen langfristig auf Netto Null zu senken, kann die Nutzung von emissionsarm produziertem Wasserstoff Teil einer Gesamtlösung sein. Diese Technologie wäre vor allem mit Blick auf derzeit noch besonders CO₂-intensive Branchen von Vorteil.“

*Karl Stempel,
Partner,
Bain & Company Germany*

alle Staaten ihre aktualisierten Ankündigungen einhalten, wird dies die mittlere globale Temperatur bis zum Ende des Jahrhunderts nur noch um 2,4 Grad Celsius erhöhen. Den größten Beitrag zur Eindämmung des erwarteten Temperaturanstiegs leisten die USA, gefolgt von der Europäischen Union, China und Japan. Dies zeigt: Selbst wenn alle Staaten ihre aktuellen Ankündigungen umsetzen – wovon sie derzeit weit entfernt sind –, würde dies noch nicht ausreichen, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius zu begrenzen. Ebenso klar ist, dass die konsequente Einhaltung der gemachten Versprechen teuer wird und auf gesellschaftlichen Widerstand stoßen könnte.

Auch in Deutschland besteht hinsichtlich der Vorgaben des novellierten Klimaschutzgesetzes (KSG 2021) eine große Kluft zwischen Anspruch und Wirklichkeit. Dies betrifft sowohl das übergeordnete Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 als auch die einzelnen Sektorenziele. Deshalb wird die künftige Bundesregierung den Mittlereinsatz erheblich erhöhen müssen, um weitere Anreize für Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen zu schaffen. Zudem ist realistischerweise mit Einschnitten und zusätzlichen Belastungen für Teile der Bevölkerung und für einzelne Branchen zu rechnen.

Die Studie von Prognos, dem Öko-Institut und dem Wuppertal Institut vom Mai 2021 unterstreicht, dass ein deutlich erhöhtes Tempo im Strukturwandel erforderlich ist. Bereits in den nächsten Jahren muss die Klimapolitik ambitionierter werden. Dies beinhaltet einen schnelleren Ausbau der erneuerbaren Energien, sodass diese bis 2030 zu etwa 70 Prozent der Stromerzeugung beitragen, sowie einen vorgezogenen Ausstieg aus der Kohleverstromung, der aktuell erst bis 2038 geplant ist. Eine beschleunigte Elektrifizierung des Verkehrs soll dazu führen, dass im Jahr 2030 rund 30 Prozent der Lkw-Flotte und 14 Millionen Pkw elektrisch fahren (Bestand im April 2021: knapp eine Million). Der zügige Aufbau der Wasserstoffwirtschaft und der vorgezogene Einsatz von CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS) soll die Dekarbonisierung der Industrie voranbringen. Zudem müsse die Gebäudewirtschaft einen größeren Beitrag leisten, sodass die jährliche Sanierungsrate bis 2030 auf 1,6 Prozent ansteigt (von aktuell knapp einem Prozent), rund 6 Millionen Wärmepumpen im Einsatz sind und die Wärmenetze stärker ausgebaut werden.

SZENARIO 3

BE EMPOWERED

Die Weltgemeinschaft kann die Ziele des Pariser Abkommens noch erreichen, wenn sie schnell und konsequent handelt. Kurzfristig bedarf es dazu eines gemeinsamen politischen Willens und eines erhöhten zivilgesellschaftlichen Engagements in den einzelnen Ländern. So kommt auch der Weltklimarat IPCC in seinem vorteilhaftesten Klimamodell zu dem Schluss, dass die globale Durchschnittstemperatur unter zwei Grad bleiben und bis zum Jahr 2100 etwa 1,5 Grad Celsius erreichen könnte. Voraussetzung dafür sind freilich noch deutlich ehrgeizigere Maßnahmen als bislang geplant.

Beispielsweise berechnen die Forschungsinstitute hinter dem Climate Action Tracker, dass das neue Emissionsziel der USA vom April 2021, das bis 2030 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 50 bis 52 Prozent gegenüber dem Ausgangsniveau von 2005 vorsieht, zwar ein großer Schritt in die richtige Richtung sei. Jedoch bleibe es noch deutlich hinter der Verminderung um 57 bis 63 Prozent zurück, die eigentlich für das 1,5-Grad-Ziel notwendig wäre. Auch Japans Ankündigung, bis zum Ende des Jahrzehnts 46 Prozent weniger Treibhausgase als 2013 zu emittieren, wurde als Enttäuschung gewertet. Denn erwartet waren mindestens 50 Prozent, während sogar 60 Prozent für die Einhaltung des Pariser Abkommens notwendig wären. Zugleich gibt es Länder, die bislang nicht einmal

planen, ihre nationalen Bemühungen zu erhöhen. Dazu zählen Australien, Mexiko, Brasilien, Russland, Indonesien, die Türkei und Saudi-Arabien.

Aber auch eine Begrenzung des durchschnittlichen Temperaturanstiegs auf 1,5 Grad Celsius wird die Folgen des Klimawandels nicht mehr aufhalten. So liefern die Modellprognosen des IPCC mit den niedrigsten Treibhausgasmissionen das Ergebnis, dass der Meeresspiegel bis 2100 durchschnittlich um 44 Zentimeter ansteigen wird, in einer Bandbreite von 27 bis 60 Zentimetern. Zudem sei mit Hitzewellen, die bisher etwa alle 50 Jahre aufgetreten sind, künftig einmal pro Jahrzehnt zu rechnen. Auch Tropenstürme, Regenfälle und Dürren nehmen zu. Folglich müssen alle Staaten nicht nur kostspielige Maßnahmen zur Emissionsvermeidung ergreifen, sondern zugleich Anpassungsstrategien an veränderte Klimabedingungen und drohende Extremwetterlagen entwickeln.

Um vor diesem Hintergrund nicht von den Verhältnissen getrieben zu sein, sondern selbst zum Motor der Transformation zu werden, kommt der Forschung und Entwicklung ein hoher Stellenwert zu. Denn sämtliche Projektionen basieren auf dem aktuellen Stand der Technik und dem Entwicklungspfad, den die einzelnen Volkswirtschaften eingeschlagen haben. Durch drastische Innovationen der Energiewirtschaft und Verhaltensänderungen beim Energieverbrauch können diese Szenarien fundamental transformiert und neue Entwicklungspfade erreicht werden. Dazu ist auch eine konsequente Sektorenkopplung nötig, um Synergien bestmöglich auszunutzen und neuartige Kooperationsmöglichkeiten zu entdecken.

Im optimistischen Szenario könnten stringente Regulierungsaufgaben, die zur Erreichung der Klimaziele notwendig sind, durch Innovationen in Wettbewerbsvorteile umgemünzt werden. „Be Empowered“ bedeutet, das Heft selbst in die Hand zu nehmen. Die Fokussierung auf die kurzfristigen Kosten der Energiewende ist eine verkürzte Perspektive, denn Innovationen verändern die gegebenen technologischen Beschränkungen und senken damit auch die langfristige Kostenbelastung. Als größte Volkswirtschaft und zugleich auch größter Treibhausgasemittent in Europa kann Deutschland die Chance ergreifen, sich als Leitmarkt für energieeffiziente Technologien im internationalen Wettbewerb zu positionieren.



„Wir könnten über 20 Prozent des Energieverbrauchs einsparen, indem wir die bestehende Gebäudetechnik optimieren und uns anders verhalten. Ohne große Investitionen oder irgendwelche Komforteinbußen. Der optimale Energieverbrauch ist der, der gerade ausreicht, um das gewünschte Ziel zu erreichen. Und da sind wir heute noch nicht.“

Alexander Ubach-Utermöhl,
Head of Strategic Business Development,
Techem



SIEMENS

VONOVIA



SCHAEFFLER



Das **Handelsblatt Research Institute (HRI)** ist ein unabhängiges Forschungsinstitut unter dem Dach der Handelsblatt Media Group. Es schreibt im Auftrag von Kundinnen und Kunden, wie Unternehmen, Finanzinvestoren, Verbänden, Stiftungen und staatlichen Stellen wissenschaftliche Studien. Dabei verbindet es die wissenschaftliche Kompetenz des 30-köpfigen Teams aus Ökonom:innen, Sozial- und Naturwissenschaftler:innen sowie Historiker:innen mit journalistischer Kompetenz in der Aufbereitung der Ergebnisse. Es arbeitet mit einem Netzwerk von Partner:innen sowie Spezialist:innen zusammen. Daneben bietet das Handelsblatt Research Institute Desk-Research, Wettbewerbsanalysen und Marktforschung an.

Konzept, Recherche und Gestaltung: Handelsblatt Research Institute
Toulouser Allee 27, 40211 Düsseldorf
www.handelsblatt-research.com

Redaktionsschluss: 29.10.2021

Bildquellen: Freepik, iStockphoto

The Mission ist eine Initiative von:

FUTURY

Deutsche Bank

BAIN & COMPANY

pre zero

Handelsblatt
III MEDIA GROUP

