



## Klimawandel, Ressourcen und Energieversorgung der Zukunft – Gründe für eine schnellstmögliche Energiewende (ökologische, ökonomische, soziale)<sup>1</sup>

*Wolfgang Methling*

MLS

Veröffentlicht: 2. September 2022

### Abstract

Although there are now no scientifically justified doubts about the mainly anthropogenic warming of the earth's atmosphere and the resulting global climate change on earth, the dimension and speed of these processes are often underestimated. The analyses, reports and projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) show that global warming is progressing rapidly and that the goals of limiting warming by 2°C (Tokyo) and 1.5°C (Paris) by 2100, which have so far been politically agreed at international congresses, can only be achieved if the emission of greenhouse gases is radically reduced. The CO<sub>2</sub> produced during the combustion of fossil fuels (coal, oil, gas) plays the main role as a driver of global warming. The concentration of CO<sub>2</sub> has now risen from about 280 ppm to about 420 ppm. Even if emissions are reduced, climate change will not be stopped, but only slowed down. The range of resources is limited to a few centuries and their extraction and combustion cause considerable further pollution of the environment (air, soil, water, landscape). Therefore, a rapid phase-out of the combustion of fossil fuels for the production of electricity, heat and mobility and the complete conversion to the use of solar energy (wind, solar thermal energy, photovoltaics, biomass, hydropower, ocean energy, geothermal energy, etc.) is inevitable. The power of the sun is (almost) inexhaustible by earthly standards. To use them is an imperative of ecological, economic and social reason and responsibility, not an ideologically justified aberration.

### Zusammenfassung

Obwohl es inzwischen keine wissenschaftlich begründeten Zweifel mehr an der hauptsächlich vom Menschen verursachten Erwärmung der Erdatmosphäre und dem daraus resultierenden globalen Klimawandel auf der Erde gibt, werden das Ausmaß und die Geschwindigkeit dieser Prozesse häufig unterschätzt. Die Analysen, Berichte und Projektionen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) zeigen, dass die globale Erwärmung rasch voranschreitet und die bisher auf internationalen Kongressen politisch vereinbarten Ziele einer Begrenzung der Erwärmung um 2°C (Tokio) bzw. 1,5°C (Paris) bis 2100 nur erreicht werden können, wenn der Ausstoß von Treibhausgasen radikal reduziert wird. Das bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl, Gas) entstehende CO<sub>2</sub> spielt die Hauptrolle als Treiber der globalen Erwärmung. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration ist inzwischen von etwa 280 ppm auf etwa 420 ppm angestiegen. Selbst wenn die Emissionen reduziert werden, kann der Klimawandel nicht aufgehalten, sondern nur verlangsamt werden. Die Reichweite der Ressourcen ist auf wenige Jahrhunderte begrenzt und ihre Gewinnung und Verbrennung führt zu einer erheblichen weiteren Belastung der Umwelt (Luft, Boden, Wasser, Landschaft). Daher ist ein rascher Ausstieg aus der Verbrennung fossiler Energieträger zur Erzeugung von Strom, Wärme und Mobilität und die vollständige Umstellung auf die Nutzung der Sonnenenergie (Wind, Solarthermie, Photovoltaik, Biomasse, Wasserkraft, Meeresenergie, Geothermie usw.) unumgänglich. Die Kraft der Sonne

<sup>1</sup> Vortrag in der Klasse für Naturwissenschaften und Technikwissenschaften am 11. November 2021.

ist nach irdischen Maßstäben (fast) unerschöpflich. Sie zu nutzen ist ein Gebot der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Vernunft und Verantwortung, kein ideologisch begründeter Irrweg.

### **Keywords/Schlüsselwörter**

climate change, earth warming, IPPC, carbonic acid concentration, energy and raw material resources, fossil energy, fossil time window, coal, natural gas, solar energy, renewable energy, climate neutrality, climate positivity, sector coupling, decentralized energy supply, energy transition  
Klimawandel, Erderwärmung, IPPC, Kohlendioxidkonzentration, Energie- und Rohstoffressourcen, fossile Energie, fossiles Zeitfenster, Kohle, Erdgas, Solarenergie, erneuerbare Energie, Klimaneutralität, Klimapositivität, Sektorkopplung, dezentrale Energieversorgung, Energiewende

## **1 Herausforderungen für die Sicherung der Zukunft der Menschheit**

Man geht davon aus, dass die Sonne der Erde noch ca. 5,4 Mrd. Jahre Energie in Form von Wärme und Licht liefern und damit das Leben auf der Erde möglich machen wird. Um die Zukunft der Menschheit auf der Erde zu sichern, sind aber zahlreiche Herausforderungen und Aufgaben zu meistern. Es sind existenzielle Aufgaben, denen sich die Politik auf allen Entscheidungsebenen (international, national, kommunal), die Wirtschaft und die Wissenschaft stellen müssen, um die Lebensgrundlagen und Lebensbedingungen zu erhalten, die Weichen für eine nachhaltige Entwicklung zu stellen und Lösungsvorschläge für die zahlreichen Probleme zu erarbeiten und durchzusetzen. Sie sind fast alle aktuell und dringlich.

Von herausragender Bedeutung ist die Sicherung des Friedens mit Instrumenten der Diplomatie und der gedeihlichen wirtschaftlichen Zusammenarbeit statt der Anheizung von Konflikten und der Durchsetzung der nationalen und Bündnisinteressen und -ziele mit Kriegen (Anmerkung: Zum Zeitpunkt des Vortrages war der Krieg Russlands gegen die Ukraine noch nicht ausgebrochen.). In Kriegen werden nicht nur Menschen getötet, sondern es wird auch unermessliches Leid erzeugt, die Umwelt und Ressourcen zerstört, Wasser und Nahrungsmittel vernichtet und verschmutzt. Kriege verursachen Not, Elend, Hunger, Fluchtbewegungen und Migration. Die Sicherung der Ernährung und der Gesundheit ist nicht nur eine soziale Aufgabe von Staaten, sondern ebenso eine Pflicht internationaler Organisationen und Bündnisse. Die Energie- und Rohstoffressourcen auf der Erde sind begrenzt und territorial sehr unterschiedlich verteilt und verfügbar. Das gilt auch für die Versorgung der Menschen, Tiere, Pflanzen, Wirtschaft und Landwirtschaft mit Wasser. Zur Sicherung der Zukunft gehören ebenso der Schutz des Klimas und der biologischen Vielfalt. Notwendig sind schadlose Beseitigung, Reinigung und möglichst Recycling von Abwasser und Abfällen. Die Sicherung der sozialen Existenz der Menschen erfordert bei aller Unterschiedlichkeit der Ansprüche in verschiedenen Ländern und Kulturen die Gewährleistung von Erwerbsarbeit oder sozialer Grundsicherung, Renten u.a. Leistungen der Gesellschaft. Die Profitorientierung im kapitalistischen Wirtschafts- und Gesellschaftssystem steht der Erreichung der Ziele einer nachhaltigen Entwicklung oft diametral entgegen. Trotzdem ist es unabweisbar, auch unter den gegebenen gesellschaftlichen Bedingungen, alle Möglichkeiten zu nutzen, Schritte in die richtige Richtung zu gehen.

## **2 Klimawandel und Klimaschutz**

In der Geschichte der Erde hat es bereits in früheren Jahrtausenden und Jahrhunderten durch Naturereignisse ausgelöste Veränderungen im Klima gegeben, die zu radikalen Umbrüchen in der Pflanzen- und Tierwelt und damit auch der Lebensbedingungen für die Menschen geführt haben. Unzählige Populationen von Pflanzen und Tieren (z.B. Saurier) wurden

ausgelöscht, neue Arten entstanden und verbreiteten sich, eroberten die Lebensräume oder passten sich an die Biotope an.

Mit der industriellen Revolution und der massenhaften Verfügbarkeit und Nutzung fossiler Energieträger (Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas, Uran) begann eine neue Etappe der Erdgeschichte, das Anthropozän. Der Mensch wurde zum wichtigsten Einflussfaktor auf die natürlichen Prozesse auf der Erde. Die Verbrennung der fossilen Energieträger zur Erzeugung von Wärme und Strom für die Prozesse der Wirtschaft, für die Haushalte und den Verkehr war und ist nicht nur mit dem Abbau der unter der Erde und auf dem Meeresboden lagernden Ressourcen, sondern auch mit erheblichen Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden. Die dabei verursachten Umweltbelastungen der Luft, des Wassers und des Bodens durch die Emission toxischer Stoffe wurden zunächst nicht als gefährlich wahrgenommen, nicht systematisch verfolgt oder gemessen. Aber bereits 1896 erkannte Arrhenius den Zusammenhang zwischen der Erhöhung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Luft und der Erwärmung der Erdatmosphäre (vgl. Arrhenius 1896). Nach seinen Berechnungen würde die Verdoppelung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Luft (damals 280 ppm) zu einer Erhöhung der Temperatur der Atmosphäre um ca. 3 (2–4) Grad führen.  $\text{CO}_2$  ist der wichtigste, aber nicht der einzige Treiber des Klimawandels. Von großer Bedeutung sind ebenfalls Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Abbildung 1).

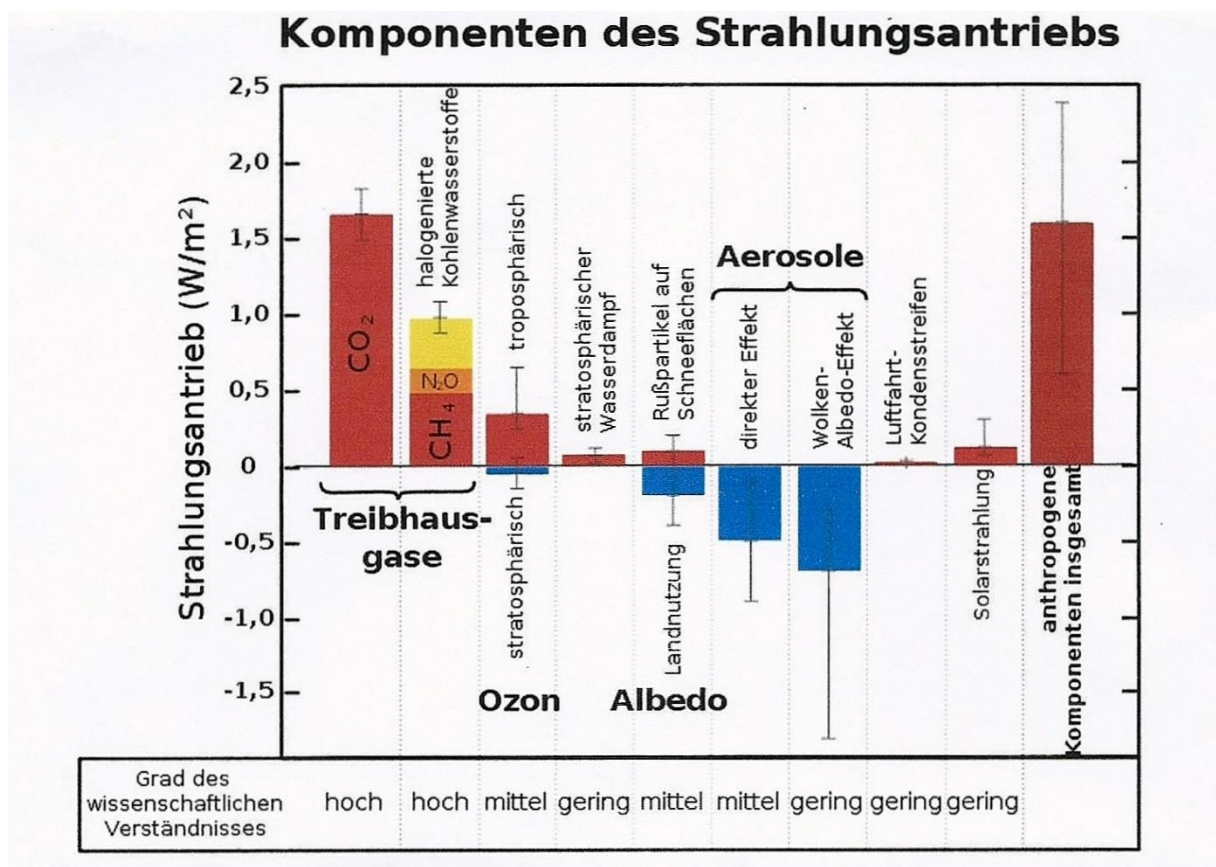


Abbildung 1: Komponenten des Strahlungsantriebes (vgl. McInnes 2022).

Die Prognose von Arrhenius ist Realität geworden, wie weltweite Untersuchungen von Tausenden Instituten und Wissenschaftlern belegen. Die bekanntesten deutschen Klimaforschungsinstitute befinden sich in Hamburg, Kiel und Potsdam, in denen u.a. Klaus Hasselmann, Hartmut Graßl, Mojib Latif, Hans-Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Otmar

Edenhofer, Johan Rockström tätig waren bzw. sind. Die Ergebnisse der Forschung werden von dem 1988 gegründeten Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC), auch Weltklimarat genannt, ausgewertet und in Projektionen und Modelle für die weitere Entwicklung übertragen. Die daraus abgeleiteten Empfehlungen sind Grundlage für politische Entscheidungen der Staatengemeinschaft UNO und der nationalen Parlamente und Regierungen zur Begrenzung der Emission von CO<sub>2</sub> sowie anderen Treibhausgasen und damit des Klimawandels. Die Berichte und Empfehlungen werden auf den jährlich stattfindenden UN-Klimakonferenzen, 2021 in Glasgow, diskutiert. Im Pariser Klimaabkommen von 2015 wurde beschlossen, die globale Klimaerwärmung um deutlich weniger als 2 Grad, möglichst 1,5 Grad (im Vergleich zur vorindustriellen Zeit) zu beschränken. Der 6. Sachstandsbericht des IPCC wurde 2021 und 2022 in mehreren Teilen veröffentlicht. Es wurden erhebliche Defizite bei Erreichung der Ziele konstatiert und fünf mögliche Modelle („Pfade“) für die weitere Entwicklung präsentiert. Bei ungehemmter Emission von Klimagasen wäre mit einem Anstieg der Globaltemperatur um 5,1 Grad zu rechnen. Im Jahre 2020 lag die CO<sub>2</sub>-Konzentration bei 418 ppm und die Temperatur ist bereits um mehr als 1 Grad gestiegen (Abbildung 2). Dieser rapide Anstieg ist anthropogen verursacht, ein Zusammenhang mit der sich in einem Zyklus von ca. 11 Jahren ändernden Aktivität der Sonne ist nicht gegeben (vgl. Rahmstorf 2016).

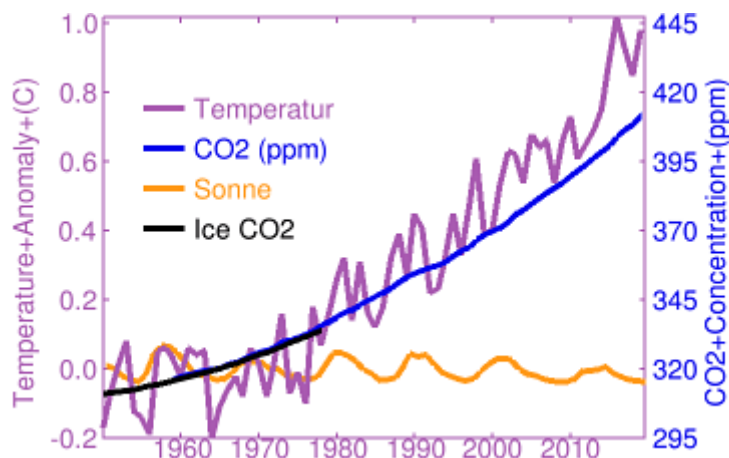


Abbildung 2: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Konzentration und Temperatur der Erdatmosphäre sowie der Sonnenaktivität von 1950 bis 2020 (vgl. Rahmstorf 2016).

Negative Folgen des Klimawandels sind u.a.

- das Abschmelzen von Eisbergen und -kappen an Nord- und Südpol sowie von Gletschern der Hochgebirge,
- der Anstieg des Meeresspiegels (auch durch die Ausdehnung der Wassermassen der Ozeane) und Überflutung der niedrig gelegenen Küstenregionen,
- die geringere CO<sub>2</sub>-Bindung im wärmeren Wasser,
- das Auftauen von Permafrostböden,
- die Zunahme von Extremwetterereignissen (Orkane, Überschwemmungen u.a.),
- die zunehmenden Wüstenbildungen,
- Wassermangel,
- die Reduzierung der biologischen Vielfalt,
- die veränderten Wachstumsbedingungen für landwirtschaftliche, gärtnerische und forstwirtschaftliche Nutzpflanzen,
- die Emigration aus nicht mehr bewohnbaren Regionen und Staaten,

- die Begrenzung des Wintersporttourismus auf wenige Hochgebirgsregionen

Die Kosten für Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels sind um ein Mehrfaches höher als die Maßnahmen zur Begrenzung des Klimawandels (Stern Report 2006). Die Verantwortung für Maßnahmen zur Reduzierung der Emission und Bindung von Klimagasen liegt auf internationaler, nationaler und lokaler Ebene. Es gilt die Forderung „Jeder kehre vor seiner Tür“. Ein vergleichsweise geringerer Anteil an der CO<sub>2</sub>-Emission und am Klimawandel entlässt kein Land, keine Kommune, keinen Bürger aus der Verantwortung. Alle müssen tun, was ihnen möglich ist.



Abbildung 3: Ziele für die Gestaltung eines ressourcenschonenden treibhausgasneutralen Deutschlands (vgl. Günther/Lehmann/Lorenz/Purr 2019, Titelblatt).

Die zentrale Rolle bei der Erderwärmung spielt das Kohlendioxid, das u.a. bei der Verbrennung der fossilen Energieträger entsteht. Die Begrenzung des Klimawandels erfordert deshalb die schnellstmögliche Dekarbonisierung, den vollständigen Ausstieg aus der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas für die Erzeugung von Strom und Wärme sowie für die Sicherung der Mobilität (Kraftstoffe). Das konkreteste, auch mess- und kontrollierbare Ziel ist die Reduzierung der Emission von CO<sub>2</sub>. Daher sind nationale und internationale Verpflichtungen zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emission, ihre Kontrolle und Einhaltung die wichtigsten Säulen konkreten Handelns gegen den Klimawandel. Dabei kann das allgemein propagierte und akzeptierte Ziel der Klimaneutralität (Eintrag nicht höher als Entzug und Bindung) eigentlich nicht das Endziel sein, denn notwendig ist vielmehr eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre. Erforderlich ist dafür eine Klimapositivität, d.h. der Eintrag muss niedriger sein als der

Entzug. Neben der Verbrennung der fossilen Energieträger spielt auch die Freisetzung von CO<sub>2</sub> und Methan aus trocken gelegten Mooren und auftauenden Permafrostböden eine wichtige Rolle beim Klimawandel. Die Wiedervernässung von Mooren ist deshalb auch eine nicht zu unterschätzende Säule des Klimaschutzes.

Deutschland hat sich verpflichtet, bis 2045 klimaneutral zu werden und die Emission von CO<sub>2</sub> bis 2050 um 95 % zu reduzieren (Abbildung 3). Dieses ambitionierte Ziel wird nur zu

erreichen sein, wenn nach dem 2022 erfolgenden Ausstieg aus der Atomenergie schnellstmöglich der Ausstieg aus der Verbrennung von Kohle und anschließend aus Erdgas und Erdöl verwirklicht wird. Anstelle der fossilen Energieträger muss und kann die Sonnenenergie in ihren vielfältigen Erscheinungsformen treten:

- Wasserkraft
- Windkraft
- Solarthermie
- Photovoltaik
- Meeresenergie (Wellen)
- Biomasse
- Biogas
- Oberflächengeothermie

Hinzu kommen die Mondkraft (Gezeiten) und Tiefengeothermie (Erdwärme durch nukleare Prozesse im Erdinneren). Für diese Energieformen hat sich der Begriff erneuerbare Energien durchgesetzt. Allerdings ist dieser Terminus eigentlich nicht korrekt, denn die Energie wird nicht erneuert, sondern von der Sonne ausgestrahlt und umgewandelt.

Die Nutzung der Kernfusion, die natürlicherweise auf der Sonne geschieht, für die Sicherung der Energieversorgung der Zukunft ist theoretisch denkbar, allerdings funktioniert sie bisher erst in Experimenten. Der Ausbau einer wirtschaftlich tragfähigen neuen Kraftwerksinfrastruktur auf der Basis der Kernfusion ist kaum vorstellbar, zumal auch hierbei radioaktive Abbauprodukte auftreten.

Die gratis auf der Erde ankommende Sonnenstrahlung, die weitgehend ungefährlich für Mensch und Natur ist, kann bereits heute kostengünstiger genutzt werden als die fossilen Energieträger. Nach verschiedenen Schätzungen erreicht die Erde ca. 4000 mal mehr Sonnenenergie als bisher genutzt wird. Sie kann den Energiebedarf des Menschen vollständig abdecken und ist dezentral verfügbar. Klimaneutralität oder gar Klimapositivität ist nur erreichbar, wenn die Kraft der Sonne vollständig für die Erzeugung von Strom, Wärme und Kraftstoffen genutzt wird. In entsprechenden solaren Kraftwerken können elektrischer Strom, Wärme, „grüner“ Wasserstoff, Methan, Methanol und andere Energieträger erzeugt, dezentral genutzt oder in Netze eingespeist werden.

### **3 Fossile Energieressourcen, ihre Reichweite und Folgen der Nutzung und Verbrennung**

Die fossilen Energie- und Rohstoffressourcen wurden vom Club of Rome als Speisekammer der Menschheit bezeichnet. Sie sind begrenzt vorhanden und verfügbar, mit ihnen muss man deshalb sorgsam umgehen. Wilhelm Ostwald schrieb 1912 in seiner Arbeit „Der energetische Imperativ“:

Wir sind gerade dabei, von einem unverhofften Erbe zu leben, das wir in Form fossiler Brennstoffmaterialien unter der Erde gefunden haben. Dieses Material wird sich aufbrauchen. Dauerndes Wirtschaften ist allein über die laufende Energiezufuhr der Sonne möglich. (Ostwald 1912, zit. nach Scheer 2011: 130).

Auf der Basis der Analysen der weltweiten Entwicklung des Energiebedarfs rechnet die Internationale Energieagentur (IEA) mit einer Reichweite der fossilen Ressourcen, einem fossilen Zeitfenster, bis zum Jahr 2200 (Abbildungen 4 und 5).

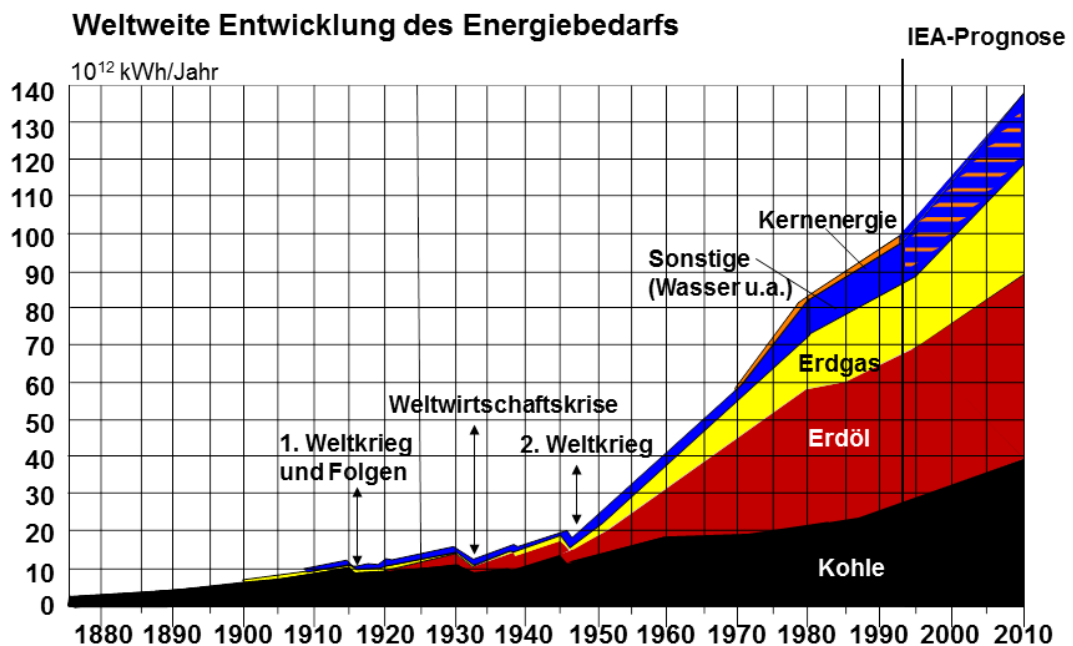


Abbildung 4: <https://www.iwr-institut.de/de/presse/presseinfos-energie-ressourcen/energiesourcen-reichen-noch-hunderte-von-jahren> (IWR 2013)

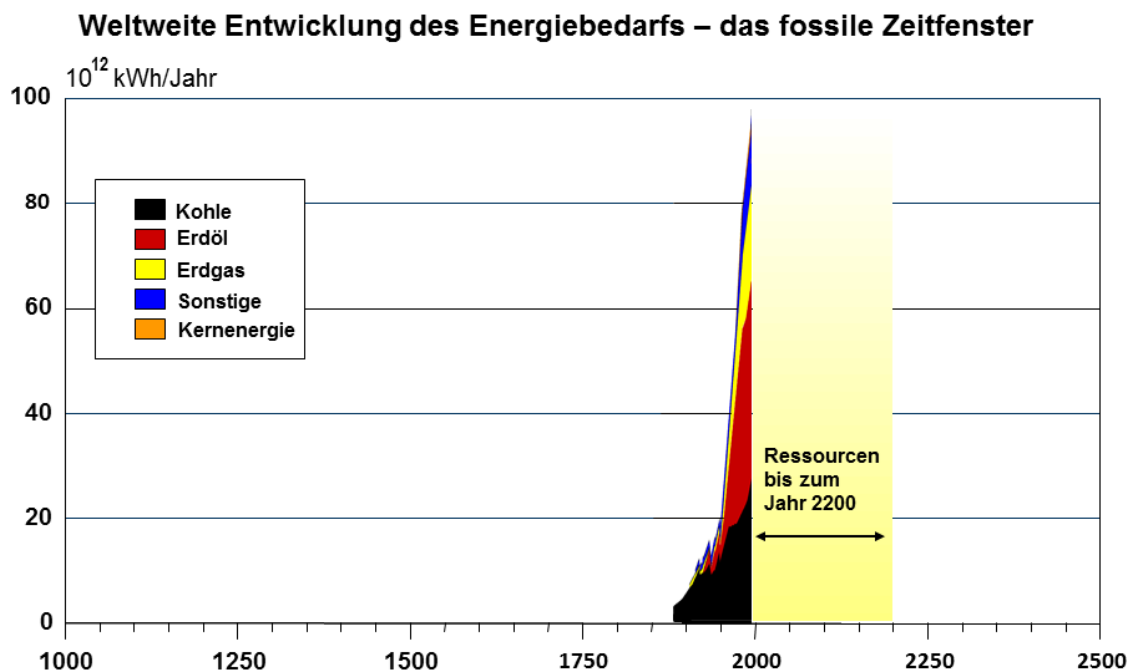


Abbildung 5: <https://www.iwr-institut.de/de/presse/presseinfos-energie-ressourcen/energiesourcen-reichen-noch-hunderte-von-jahren> (IWR 2013)

Fasst man unterschiedliche Schätzungen zur Reichweite der fossilen Energieressourcen zusammen, ist mit folgenden Zeithorizonten zu rechnen:

- Erdöl: 100 bis 150 Jahre
- Erdgas: 80 bis 120 Jahre

- Stein-/Braunkohle: 500 bis 1000 Jahre
- Uran: 40 bis 60 Jahre

Es ist also zu konstatieren, dass das fossile Zeitfenster maximal ein paar Jahrhunderte offen und nutzbar ist. Da Erdöl, Erdgas und Kohle auch Rohstoffe für die chemische Industrie, Kraftstoffe u.a. sind, muss alles getan werden, um sie für diese Bereiche zu reservieren und nicht für die Energieversorgung zu verwenden. Die Verbrennung der fossilen Kohlenstoffressourcen führt zur Erderwärmung und zur Umweltbelastung durch emittierte Schadstoffe in die Luft, Wasser und Boden (Stickstoff-, Schwefel-, Schwermetallverbindungen). Die erhöhte Nachfrage, die geringer werdenden Vorräte, steigende Erschließungs- und Gewinnungskosten führen zu Konflikten und Kriegen, die die knapper werdenden Ressourcen vernichten und die Umwelt belasten. In der Folge werden Menschen getötet und zur Flucht aus zerstörten und unbewohnbar gewordenen Gebieten und Ländern, zur Migration getrieben. Der schnellstmögliche Ausstieg aus der Nutzung und Verbrennung von fossilen Energieträgern ist deshalb kein ideologisch motivierter Irrweg, sondern ein Gebot ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer und humanitärer Vernunft.

#### 4 Konsequenzen für die Energieversorgung und Energiepolitik

Aus der Begrenztheit der Ressourcen und den negativen Folgen der Verbrennung der fossilen Energieträger ergeben sich für die Energieversorgung und -politik folgende Konsequenzen und Forderungen:

- Energieeinsparung/Senkung des Energieverbrauches
- Erhöhung der Energieeffizienz der Verfahren, Prozesse, Geräte, Fahrzeuge u.a.
- schnellstmöglicher Übergang zur Nutzung „erneuerbarer“ und regenerativer Energien
- schnellstmöglicher Ausstieg aus der Verbrennung fossiler Energieträger für die Erzeugung von Strom, Wärme und Kraftstoffen
- Reservierung der noch vorhandenen fossilen Ressourcen für die stoffliche und chemische Nutzung (und mittelfristig noch für Kraftstoffe)
- Schaffung von attraktiven energiesparenden Angeboten für den Transport von Personen und Gütern (vor allem auf der Schiene statt auf der Straße)
- Orientierung auf nachhaltigere Lebensweisen und Alltagskulturen mit weniger Energieverbrauch

Die Politik steht vor der schwierigen Aufgabe, mit geeigneten Instrumentarien die Weichen für das Erreichen der Ziele zu stellen. Grundsätzlich steht dafür das Ordnungsrecht (Gesetze und Verordnungen mit Regularien, Grenzwerten, Geboten, Verboten, Strafen usw.) zur Verfügung. Ebenso wichtig sind lenkende und motivierende Förderinstrumente, damit es leichter wird, energiewirtschaftlich und ökologisch vernünftig und richtig zu handeln. Dazu gehört auch eine entsprechende Steuer-, Abgaben- und Preispolitik, die aber sozial gerecht sein muss. Sie darf den sozial benachteiligten Schichten keine zusätzlichen Lasten aufbürden oder diese durch Ausgleichszahlungen kompensieren. Sozial privilegierten Schichten darf es nicht zu leicht gemacht werden, wenig nachhaltige Lebensweisen zu praktizieren.

#### 5 Aktuelle Situation und Energieversorgung der Zukunft

Betrachtet man die aktuelle Situation der Anteile der Energieträger an der Bruttostromerzeugung im Jahre 2020 in Deutschland, ist festzustellen, dass die fossilen Energieträger zwar



noch den Hauptanteil einnehmen, aber bereits 45 % aus erneuerbaren Energiequellen, darunter 24 % aus Windenergie, stammen (Abbildung 6).

### Bruttostromerzeugung 2020

in %, insgesamt 567 Mrd. kWh

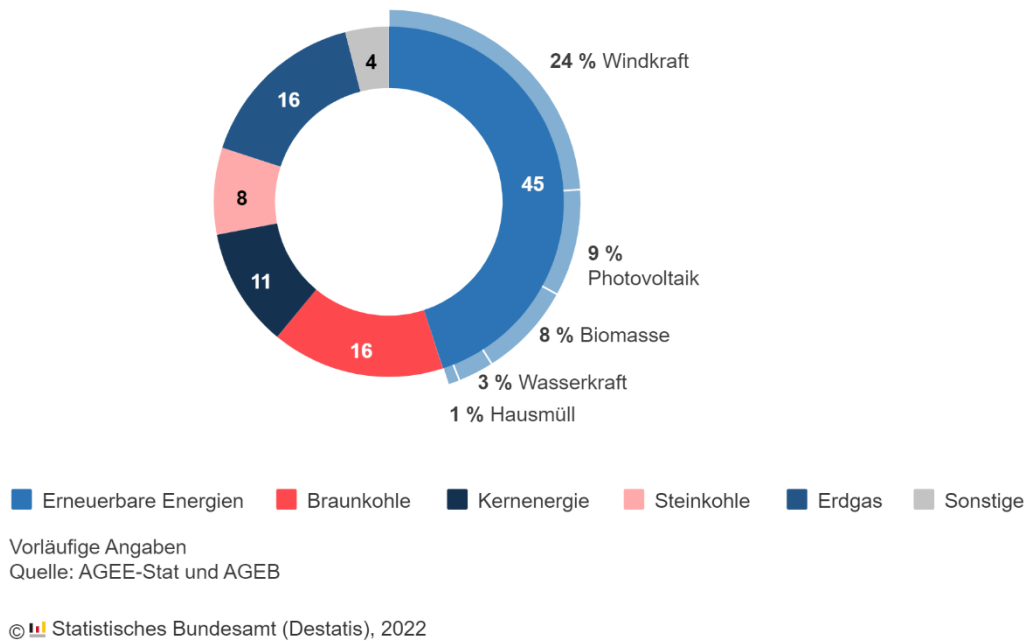


Abbildung 6: Anteile der Energieträger an der Bruttostromerzeugung 2020 (vgl. Destatis 2022).

Einen weitaus geringeren Anteil haben die Erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung und im Verkehr, wo 2019 nur Anteile von 14,5 % bzw. 5,6 % erreicht wurden (Abbildung 7). Daraus resultiert insgesamt 2020 nur ein Anteil von 19,3 % am Bruttoenergieverbrauch (vgl. Umweltbundesamt 2021).

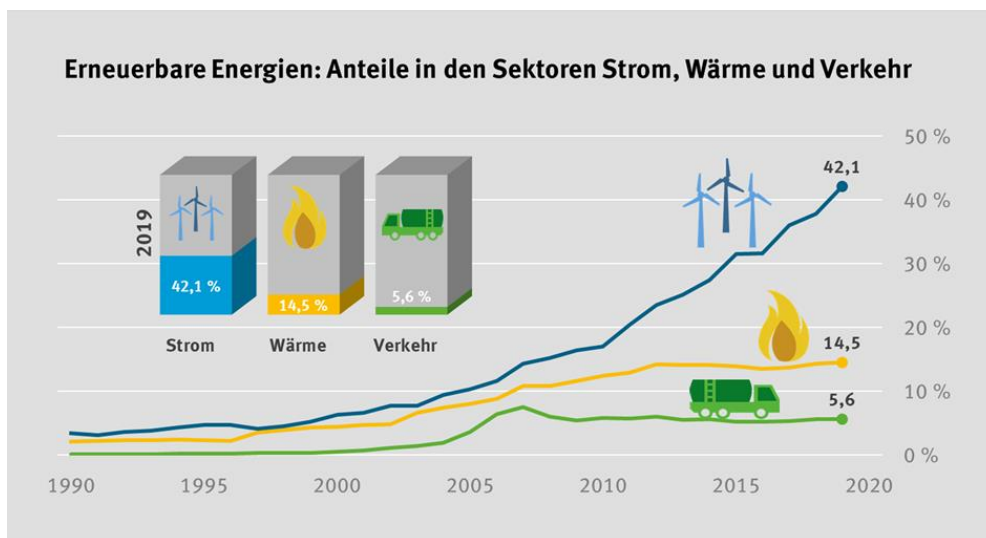


Abbildung 7: Anteile erneuerbarer Energien in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (vgl. Umweltbundesamt 2021. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>)

Es ist also noch sehr viel zu tun, um das Ziel der fast vollständigen nichtfossilen Energiebereitstellung für Strom, Wärme und Verkehr bis 2050 und damit der Klimaneutralität bzw. Klimapositivität zu erreichen. Um alle Potenziale zu erschließen, müssen die Sektoren miteinander verbunden werden (Sektorenkopplung). Allein schon die Umstellung der Heizungen von Gas- auf Elektro- und Solarheizungen erfordert eine gewaltige Kraftanstrengung für die Produktion und Installation neuer Heizungen. Es geht nicht nur um private und öffentliche Investitionen, sondern auch um die Verfügbarkeit von Material sowie entsprechend qualifizierten Handwerkern und anderen Fachkräften. Die größte Herausforderung besteht im Verkehrssektor, denn der Ersatz der fossilen Kraftstoffe Diesel, Benzin und Gas durch Elektrizität, grünen Wasserstoff, Methan und andere synthetisch hergestellte Kraftstoffe bedeutet nicht nur die Bereitstellung dieser Energieträger, sondern auch und vor allem die Umrüstung der Fahrzeuge auf alternative Antriebe. Während der Umstieg auf Elektroautos bei fast allen Autoherstellern begonnen hat und eine sichere Zukunftsoption darstellen kann, wird das wahrscheinlich keine Lösung für den Antrieb von Bussen, Lastkraftwagen, Schiffen und Flugzeugen sein. In diesen Bereichen müssen Wasserstoff und andere regenerativ erzeugte Kraftstoffe zum Einsatz kommen.

## **6 Herausforderungen für den Übergang zu einer dezentralen Energieerzeugung und -versorgung aus erneuerbaren Energien**

Die von der Sonne ausgestrahlte Energie ist grundsätzlich überall, dezentral verfügbar. Deshalb kann eine solare Energieerzeugung und -versorgung auch dezentral organisiert und strukturiert werden. Einer dezentralen Energieerzeugung und -verteilung von Strom, Wärme und Kraftstoffen durch Bürgerbündnisse, Kommunen und Unternehmen stehen allerdings manche Hemmnisse entgegen, da die bisherige Struktur und Standorte der Energieerzeugung und -verteilung grundsätzlich zentral organisiert sind. Die Kohlekraftwerke befinden sich in der Nähe der Standorte des Abbaus der Kohle oder an Standorten der Großabnehmer von Energie (Industrie, Großstädte). Von dort aus wird der Strom durch Überlandleitungstrassen und nachgeordnete Leitungsnetze zu den Verbrauchern transportiert. Ähnlich ist die Struktur der Gastrassen und -verteilnetze. In Photovoltaikanlagen oder solaren Kraftwerken erzeugter Strom kann prinzipiell in die vorhandenen Leitungsnetze eingespeist werden. Auch Biogas kann nach Reinigung in das vorhandene Gasnetz eingetragen werden. Allerdings stehen diesem Weg oft die wirtschaftlichen und Konkurrenzinteressen der großen Energieversorger und Netzbetreiber entgegen. Das führt dazu, dass die Einleitung von regional oder lokal erzeugtem Strom oder Gas erschwert oder sogar blockiert wird, weil die Netze mit Strom aus fossilen Quellen „verstopft“ sind. Dadurch wird der Ausbau der Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien behindert, obwohl er aus Gründen des Klimaschutzes und der Kosten für den Energieimport und die Energieerzeugung schnellstmöglich erfolgen sollte. Dieser Widerstand der Monopole muss überwunden werden. Dezentrale Erzeugung und Verwertung der erneuerbaren Energien gestattet auch mehr demokratische Entscheidungen und Teilhabe der Menschen vor Ort.

Ein weiteres Hemmnis für den Ausbau besteht darin, dass gegenwärtig für die diskontinuierlich anfallenden erneuerbaren Energien aus Windkraftwerken und Photovoltaikanlagen keine oder nicht ausreichende Speicherkapazitäten zur Verfügung stehen. Deshalb ist der Ausbau von Strom- und Wärmespeichern eine wesentliche Bedingung für den notwendigen schnellen Ausbau der Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien. Die technischen Möglichkeiten sind bekannt, allerdings behindert die unklare Finanzierung oft den Bau der Speicher.

Aber selbst wenn die genannten Hemmnisse nicht bestehen würden, ist eine große Reihe von Herausforderungen für den Übergang zur dezentralen Energieversorgung zu meistern:

- Die potenziellen Erzeuger und Verbraucher/Abnehmer der erneuerbaren Energien müssen von der ökonomischen und ökologischen Sinnfälligkeit und Notwendigkeit überzeugt werden. Die stärksten Argumente sind aktuelle und künftige Preis- und Kostenentwicklungen für importierte Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas), Verfügbarkeit und Sicherheit der Energieträger.
- Es müssen Mehrheiten in den kommunalen Vertretungen und in der Bevölkerung für diesen Weg gewonnen werden.
- Für die Umsetzung kommunaler und regionaler Projekte müssen Trägerstrukturen, Beteiligungs-, Eigentums- und Bewirtschaftungsformen (Genossenschaften, GmbH, Vereine, Bürgerbündnisse) entwickelt werden. Dazu könnten Stadtwerke oder Dorfwerke als Kerne dezentraler regionaler Strukturen gegründet und genutzt werden. Durch Vernetzung verschiedener Energieerzeugungsanlagen (Energimix von Windkraft, Photovoltaik, Biogas, Solarthermie, Wasserstoff, Methan u.a.) können virtuelle regionale Kraftwerke mit Sektorenkopplung gebildet werden.
- Die Gewinnung der Akteure vor Ort gelingt nur, wenn eine echte wirtschaftliche Teilhabe und demokratische Mitbestimmung von Bürgern, Gemeinden und Unternehmen garantiert wird. Das erfordert Transparenz der Entscheidungen und Betriebsergebnisse. Wichtige Akzeptanzkriterien sind die Gemeinnützigkeit und eine angemessene Gewinnbeteiligung statt Gewinnmaximierung.
- Die rechtlichen und politischen Hürden gegen die Erzeugung von erneuerbaren Energien durch Kommunen, Bürger, Vereine, Unternehmen u.a., gegen die Einspeisung der erzeugten Energien in vorhandene Netze und den Eigenverbrauch müssen abgebaut und beseitigt werden. Eine wesentliche Rolle spielen dabei die Kommunalaufsichtsbehörden der Länder und Landkreise.
- Die Genehmigung von neuen oder das Repowering von vorhandenen Windkraftanlagen, aber auch von Photovoltaik-, Wasserkraft- und Biogasanlagen wird oftmals erst nach jahrelangen rechtlich vorgeschriebenen Prüf-, Begutachtungs- und Beteiligungsverfahren erteilt. Sachliche Gründe sind auch in den Zielkonflikten zwischen Klimaschutz sowie Landschafts-, Natur- und Denkmalschutz zu finden. Eine Beschleunigung der Genehmigungsverfahren kann und muss durch umfassende Beratung der Vorhabensträger vor der Antragstellung und parallele Erstellung der erforderlichen Unterlagen und Gutachten erreicht werden. Sonst können die Ausbauziele (z.B. Windkraftanlagen auf 2 % der Landesfläche) nicht erreicht werden.

## 7 Fazit

Der schnellstmögliche Übergang zu einer vollständigen Energieversorgung auf der Basis der Energie der Sonne ist kein ideologisch motivierter Irrweg, sondern ein Gebot der ökologischen, ökonomischen sowie sozialen Vernunft und Verantwortung. Die Nutzung der unendlichen Kraft der Sonne statt Verbrennung der endlichen fossilen Energieressourcen (mit der Emission des Klimatreibers CO<sub>2</sub> und anderen Schadstoffen) ist der wichtigste Beitrag zur Eindämmung und Begrenzung des Klimawandels. Zukunftsfähig, nachhaltig ist nur die solare Energieversorgung. Allerdings stehen der unausweichlichen Energiewende mit dezentralen Strukturen neben dem kapitalistischen systemimmanenten Wachstumsstreben und Profitinteresse von Energiekonzernen zahlreiche andere Hemmnisse und Hürden entgegen.

Die Politik und Verwaltung auf allen Entscheidungsebenen tragen die Verantwortung, diese zu beseitigen.

## Bibliographie

- Arrhenius, Svante (1896): „On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground“. *Philosophical Magazine and Journal of Science*. 5. Series, 237–276.
- Destatis (2022): „Bruttostromerzeugung 2020. Vorläufige Angaben nach AGEE-Stat und AGEBA“. *Webseite des Statistischen Bundesamtes (Destatis)*. ([https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/\\_Grafik/\\_Interaktiv/bruttostromerzeugung-erneuerbare-energien.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/_Grafik/_Interaktiv/bruttostromerzeugung-erneuerbare-energien.html)). Letzter Zugriff: 29.04.2022).
- Günther, Jens/Lehmann, Harry/Lorenz, Ulrich/Purr, Katja (2019): *Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten*, 2. Aufl. Broschüre des Umweltbundesamtes ([https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/190215\\_uba\\_fachbrosch\\_rtd\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/190215_uba_fachbrosch_rtd_bf.pdf)). Letzter Zugriff 14.08.2022).
- IWR (2013): *Energieressourcen reichen noch hunderte von Jahren*. Webseite des Internationalen Wirtschaftsforums Regenerative Energien (IWR). (<http://www.iwr.de>). Letzter Zugriff: 29.04.2022).
- McInnes, Leland (2022): *IPCC Fourth Assessment Report Summary for Policymakers*, Arne Nordmann, CC-BY-SA 3.0). ([http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Komponenten\\_des\\_Strahlungsantriebs.svg](http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Komponenten_des_Strahlungsantriebs.svg)). Letzter Zugriff: 06.05.2022).
- Ostwald, Wilhelm (1912): *Der energetische Imperativ*. Erste Reihe. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft.
- Rahmstorf, Stefan (2016): „Rekordwärme auf der Erde trotz kalter Sonne“. *Spektrum.de. Sci-Logs. KlimaLounge*, 8. Sept. 2016. (<tps://scilogs.spektrum.de/klimalounge/rekordwaerme-auf-der-erde-trotz-kalter-sonne/>). Letzter Zugriff 15.08.2022).
- Scheer, Hermann: „Energie System Wechsel“. *Luxemburg* 1/2011, 130–135 (<https://zeitschrift-luxemburg.de/artikel/energie-system-wechsel/>).
- Stern Report 2006: *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. HM Treasure. 30.10.2006 (<https://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/publication/the-economics-of-climate-change-the-stern-review/>). Letzter Zugriff 15.08.2022). Deutsche Zusammenfassung. Kurze Version: SCNATnetzwerk. 2008.
- Umweltbundesamt (2021): *Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2020*. AGEE und Umweltbundesamt. März 2021 (<http://umweltbundesamt.de>). Letzter Zugriff: 05.05.2022).

Adresse des Verfassers: [w.methling@t-online.de](mailto:w.methling@t-online.de)