GPA GESELLSCHAFT PÄDIATRISCHE ALLERGOLOGIE UMWELTMEDIZIN

KOMPENDIUM

PÄDIATRISCHE ALLERGOLOGIE IN KLINIK UND PRAXIS

UMWELTMEDIZIN

Klimakrise und Gesundheit

Liebe Leserinnen und Leser,

„Es ist eindeutig, dass der Klimawandel bereits menschliche und natürliche Systeme gestört hat […]. Gesellschaftliche Entscheidungen und Maßnahmen, die im nächsten Jahrzehnt umgesetzt werden, bestimmen das Ausmaß, in dem mittel- und langfristige Pfade zu einer höheren oder niedrigeren klimaresilienten Entwicklung führen werden. Wichtig ist, dass die Aussichten auf eine klimaresiliente Entwicklung zunehmend begrenzt werden, falls die derzeitigen Treibhausgasemissionen nicht rasch zurückgehen, insbesondere falls die globale Erwärmung in naher Zukunft 1,5°C überschreitet. Diese Aussichten werden durch […] den bisherigen Klimawandel eingeschränkt; durch eine integrative Regierungsführung, geeignete und angemessene menschliche und technologische Ressourcen, Informationen, Kapazitäten und Finanzen werden sie gefördert."

Mit diesem nahezu wörtlichen Zitat der Arbeitsgruppe II [4] des 6. IPCC-Sachstandsbericht enden die Hauptaussagen für die politische Entscheidungsfindung vom Februar 2022 und beleuchten in nüchternen Worten die gigantische Herausforderung, vor der insbesondere die hochindustrialisierten Länder des Globalen Nordens, aber auch bevölkerungsreiche Länder wie Brasilien, China, Indien und Indonesien stehen, um weitere Treibhausgasemissionen bis 2023 drastisch zu reduzieren und bis 2050 weitgehend zu vermeiden. Zum CO_2-Budget sei auch der Forschungsdirektor am Imperial College London und Mitverfasser des IPCC-Berichts J. Rogelj zitiert [3]: „Wir haben einen großen Teil des Budgets verbraucht. Wenn man die CO_2-Emissionen weltweit linear reduziert, haben wir noch 20–25 Jahre Zeit, um die Erderwärmung mit einer Wahrscheinlichkeit von 67–50% bei 1,5°C zu stoppen." [1].

Seit dem 5. IPCC-Bericht vor 8 Jahren ist die Erde um 0,3°C wärmer geworden, um 1,1°C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit bis 1850, die als Referenz zählt. Damit ist belegt: Wir leben im Anthropozän, d.h. der menschengemachten Klimakrise! Der Sommer 2021 hat uns auch in Deutschland wie in Europa gezeigt: Katastrophale Ereignisse wie Starkregen und die daraus resultierenden Flutkatastrophen an Ahr und Erft, aber auch das andere Extrem – die Gluthitze und verheerende Brände in vielen Mittelmeerländern – liegen „vor der Haustür".

Die Debatte um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesellschaft im Allgemeinen und die (Kinder-)Gesundheit im Besonderen wurde und wird seit Jahren auch in der Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin, der GPA, geführt. So hat die WAG Umweltmedizin 2017 ein Schwerpunktheft zum Thema „Klimawandel und Allergie" herausgebracht [2]. Seit 2020 wurde bewusst in jedem eJournal der „Pädiatrischen Allergologie" (https://www.gpau.de) ein wissenschaftlicher Artikel zu den unterschiedlichen Aspekten der Klimakrise von Fachleuten ganz verschiedener Disziplinen publiziert. Diese sind auch für Nichtmitglieder abrufbar unter https://www.gpau.de/die-gesellschaft/wissenschaftliche-arbeitsgruppen unter WAG Umweltmedizin.

In dem vorliegenden Kompendium werden einige der wichtigsten Artikel aus den letzten beiden Jahren nun in einer Auflage von mehreren Tausend gedruckt publiziert und an alle GPA-Mitglieder, aber auch andere Interessierte aus Medizin, Psychologie und Gesundheitswissenschaften verteilt. Diese Entscheidung haben die Schriftleitung der „Pädiatrischen Allergologie“ und der GPA-Vorstand auf Antrag der WAG Umweltmedizin einstimmig unterstützt.

Sie lesen im vorliegenden Kompendium Umweltmedizin „Klimakrise und Gesundheit“ die folgenden Beiträge:

Ignaz Schmidt befasst sich aus kinderärztlicher und tropenmedizinischer Sicht mit den neuen, durch den Klimawandel ermöglichten Vektoren für übertragbare Infektionskrankheiten – davon einige, die wir bislang ausschließlich in den Tropen verortet hatten.

Felix Peter und Katharina van Bronswijk haben sich aus psychologischer Sicht mit der wichtigen Problematik befasst, inwieweit die Klimakrise auch zu einer Krise der psychischen Gesundheit für Kinder und Jugendliche führen kann bzw. führen wird.

Sonja Schönberg hat als Leiterin der Schweizer Arbeitsgruppe für nachhaltige Ernährungsweisen eine gründliche Übersicht zur „Planetary Health Diet“ verfasst und dabei auf die spezifischen regionalen Besonderheiten verwiesen.

Hans-Ulrich Umpfenbach und Thomas Lob-Corzilius gehen der Frage nach, wie die Kinder- und Jugendarztpraxis „grün“, als nachhaltig und CO_2-arm, gestaltet werden kann.

Edda Weimann begründet als Chefärztin einer großen Kinder- und Jugendrehaklinik nachvollziehbar und klar, warum jedes Krankenhaus nachhaltig wirtschaften sollte.

Hans-Jürgen Leist geht als Energieexperte in seinen Beiträgen kritisch der Frage nach, ob und unter welchen gesellschaftspolitischen und technischen Bedingungen die erneuerbaren Energien die Klimaproblematik lösen können.

Michael Trapp beschäftigt sich aus der Sicht des Diplomingenieurs intensiv mit den Dimensionen und technologischen Möglichkeiten der Negativen Emissionen, also der CO_2-Reduktion aus der Atmosphäre.

Die Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin nimmt die Klimakrise nicht nur sehr ernst, sondern versucht in kleinen Schritten auch durch eine erneuerte Satzung einen Beitrag gegen die zunehmende Erderwärmung zu leisten, in der z. B. die nachhaltige Mobilität zu Vereinssitzungen und die Durchführung von klimasensiblen Kongressen gefordert wird.

Wir wissen: Die gigantische Herausforderung zur ultimativen CO_2-Reduktion wird unser aller Leben deutlich verändern, aber dies bedeutet keineswegs eine Einbuße an Lebensqualität oder gar Gesundheit. Im Gegenteil: Wie Klimaschutz und Gesundheit unauflösbar zusammenhängen, beschreibt der ärztliche Kollege **Eckart von Hirschhausen** plastisch und überzeugend in seinem Geleitwort auf Seite 6, für das wir ihm sehr herzlich danken!

Dr. med. Thomas Lob-Corzilius
Sprecher der WAG Umweltmedizin der GPA

Literatur

1 “Die Emissionen müssen sinken”. Interview mit J. Rogelj von C. Mihatsch. taz, die tageszeitung vom 10.8.2021: S.3

2 Gesellschaft für Päd. Allergologie und Umweltmedizin. Klimawandel und Allergie. Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis. 2017; 1. Verfügbar unter: https://www.gpau.de/fileadmin/user_upload/GPA/dateien_indiziert/Zeitschriften/Paed_Allergologie_2017_1.pdf

3 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. August 2021. Verfügbar unter: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf?__cf_chl_jschl_tk__=pmd_8f233c9747284ea4b54a61a50c00463f9d293c81-1628498145-0-gqNtZGzNAg2jcnBszQeO

4 Sechster IPCC-Sachstandsbericht (AR6). Beitrag von Arbeitsgruppe II: Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit. Hauptaussagen aus der Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung. 28. Februar 2022. Verfügbar unter: https://www.de-ipcc.de/media/content/Hauptaussagen_AR6-WGII.pdf; S. 5

Impressum

Herausgeber
Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin e. V.,
Rathausstraße 10, 52072 Aachen,
Tel. 0241 9800-486, Fax 0241 9800-259,
gpa.ev@t-online.de, **www.gpau.de**

Verlag
iKOMM • Information und Kommunikation im Gesundheitswesen GmbH,
Grimbartweg 6, 45149 Essen,
Tel. 0201 95972802, Fax 0201 95972803,
info@ikomm.info, www.ikomm.info.
Verlagsleitung: Albrecht Habicht

Redaktion
Dr. med. Susanne Meinrenken, Bremen,
susanne.meinrenken@sprachzeug.de

Schriftleitung
Dr. med. Thomas Lob-Corzilius, Wielandstr. 15, 49078 Osnabrück; Dr. med. Armin Grübl, Kinderklinik München Schwabing, Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Klinikum Schwabing, München Klinik gGmbH und Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München, Kölner Platz 1, 80804 München, armin.gruebl@tum.de; Prof. Dr. med. Albrecht Bufe, Henkenbergstr. 24, 44797 Bochum, bufealb@gmail.com

Bildnachweis
Titelseite: 123rf | galitskayapics1,
S. 2: T. Lob-Corzilius, S. 6: Julian Feldmann,
S. 7: 123rf | realityimages, S. 12: 123rf | makrobetz,
S. 15: 123rf | rolfgwackenberg,
S. 40: colourbox | #80024, S. 47: 123rf | jazzanna

Anzeigenleitung
iKOMM GmbH, Albrecht Habicht.
Es gilt die Anzeigenpreisliste
Nr. 8 vom 1. Oktober 2021

Layout: kippconcept gmbh, Bonn

ISSN: 2364-3455

Alle von der GPA publizierten Artikel zur Umweltmedizin finden Sie unter https://www.gpau.de/die-gesellschaft/wissenschaftliche-arbeitsgruppen (Umweltmedizin)

Inhalt

02 **Editorial**
Klimakrise vor der Haustür

06 **Geleitwort**
Eckart von Hirschhausen.

07 **Vektorbedingte Infektionskrankheiten**
Ignaz Schmidt
Neue Herausforderungen durch den Klimawandel
(Publiziert in Pädiatrische Allergologie 4/2021)

14 **Die Klimakrise als Krise der psychischen Gesundheit für Kinder und Jugendliche**
Felix Peter und Katharina van Bronswijk
Zwischen Solastalgie und Klimaresilienz
(Publiziert in Pädiatrische Allergologie 3/2021, aktualisiert)

20 **Planetary Health Diet Global denken, lokal handeln: Aber wie?**
Sonja Schönberg
Konkrete Ideen für die Umsetzung des Konzepts
(Publiziert in Pädiatrische Allergologie 2/2021)

26 **Praxis goes green … Aber wie???**
Hans-Ulrich Umpfenbach und Thomas Lob-Corzilius
Was lässt sich in der Praxis gegen die Erderwärmung tun?
(Publiziert in Pädiatrische Allergologie 1/2022)

33 **Wieso sollte jedes Krankenhaus nachhaltig wirtschaften?**
Edda Weimann
Maßnahmen zur Reduktion des CO2-Fußabdrucks des Gesundheitssektors
(Publiziert in Pädiatrische Allergologie 4/2020, aktualisiert)

40 **Lösen die erneuerbaren Energien die Klimaproblematik?**
Hans-Jürgen Leist
Die Probleme auf dem Weg zu mehr erneuerbaren Energien
(Publiziert in Pädiatrische Allergologie 1/2020)

50 **Erneuerbare Energien, Klimaschutz und Nachhaltigkeit**
Hans-Jürgen Leist
National nachhaltiger agieren und globaler denken
(Erstpublikation in diesem Kompendium)

58 **Tausend Milliarden Tonnen Kohlenstoffdioxid zu viel in der Atmosphäre**
Michael Trapp
Teil 1: NETs und Einlagerung von CO_2 als Gas
(Publiziert in Pädiatrische Allergologie 1/2022)

65 **Tausend Milliarden Tonnen Kohlenstoffdioxid zu viel in der Atmosphäre**
Michael Trapp
Teil 2: Kohlendioxid biologisch und chemisch binden
(Auszug; publiziert in Pädiatrische Allergologie 2/2022)

66 **GPA Intern**
Informationen zur Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin

Liebe Leserinnen und Leser,

Hitzewellen, Luftverschmutzung, Infektionskrankheiten und Ernährungsunsicherheit – während die Klimakrise voranschreitet, werden ihre Folgen für unser aller Gesundheit immer deutlicher. Längst nehmen sie Menschen die Chance auf eine gesunde Zukunft. Die gesamte Menschheit ist betroffen – aber nicht alle in gleichem Ausmaß. Diejenigen, die am meisten leiden, sind auch diejenigen, die am wenigsten für das Entstehen der Klimakrise können: Kinder und Menschen im Globalen Süden. Das Recht auf ein gesundes Leben von Kindern und zukünftigen Generationen steht auf dem Spiel. Damit wird die Klimakrise auch zu einer Frage der Generationengerechtigkeit.

Wir müssen nicht „das Klima" retten, sondern uns! Klimaschutz ist Gesundheitsschutz, das wird an vielen Beispielen klar. Wir haben inzwischen das West-Nil-Virus in Berlin, wir haben Fälle des Dengue-Fieber. Noch sind es kleine Fallzahlen, aber das ist erst der Anfang. Tropenkrankheiten, zu denen man früher hinreisen musste, reisen jetzt zu uns.

Die Klimakrise ist laut Lancet Countdown die größte Gesundheitsgefahr im 21. Jahrhundert. Ihre Auswirkungen spüren wir auch bei uns in Deutschland: Feinstaub, Mikroplastik, Chemikalien und Extremwetter machen unserem Körper zu schaffen. Diese Krise hat alle Merkmale eines Ereignisses, das uns traumatisiert. Sie bringt nicht nur die Polkappen zum Schmelzen, sondern schadet auch unserer Psyche. Nicht enden wollende schlechte Nachrichten und das Gefühl der Machtlosigkeit lösen Sorgen, Ängste und Verlustgefühle aus. Körperliche Einschränkungen, etwa durch schlechte Luft und Hitze, machen nicht nur den Körper krank – auch unsere Seele leidet.

Betroffen sind vor allem junge Leute. Zwei Drittel der Jugendlichen haben Angst vor dem Klimawandel. Auch schon kleine Kinder artikulieren ihre Ängste. Am wichtigsten ist es, diese Ängste nicht abzutun und zu verharmlosen, sondern sie ernst zu nehmen und die Sorgen anzuerkennen. „Klimaangst" ist keine psychiatrische Diagnose, sondern eine natürliche Reaktion auf eine Bedrohung.

Was hilft gegen die Klimaangst? Aktiv werden und handeln – und seien es auch nur kleine Dinge, die wir anpacken. Das Gefühl, Teil von etwas Größerem zu sein und aktiv werden zu können, nennt man Selbstwirksamkeit. Gehen Sie auf die Straße. Sprechen Sie mit Leuten, die ein bisschen mehr erreichen können als Sie selbst. Machen Sie Druck. Gemeinsam können wir es schaffen. Jede:r Einzelne zählt.

Aktuell ist der Gesundheitssektor der fünftgrößte Treibhausgasproduzent weltweit. Dies sollten wir als Chance sehen! Als Gesundheitsberufler:innen sind wir in der Verantwortung, die Gesundheit der Gesellschaft zu schützen. Von der Nutzung erneuerbarer Energien über nachhaltige Beschaffung zu klimafreundlicher und gesunder Ernährung gibt es zahlreiche Möglichkeiten, innerhalb des Gesundheitssektors Klimaschutz und damit auch Gesundheitsschutz zu betreiben! Und: Der Gesundheitsbereich ist der größte Arbeitgeber im Land. Es braucht die Gesundheitsberufe als Multiplikatoren. Ihre Stimme spielt eine entscheidende Rolle.

Ich habe die Stiftung „Gesunde Erde – Gesunde Menschen" gegründet, um gemeinsam mit meinem Team das Thema Klimaschutz als Gesundheitsschutz in die Mitte der Gesellschaft zu bringen. Das tun wir mit einer neuen Kommunikation: humorvoll, verständlich, visionär. Wir arbeiten mit Ärzteorganisationen und der Pflege zusammen, Ministerien wie auch mit NGOs und der Zivilgesellschaft. Wir zeigen in positiven Zukunftsentwürfen auf, wie wir mit nachhaltigeren Lebensmodellen Erde und Menschen gesund halten können. Wir pflanzen keine Bäume – wir pflanzen Ideen.

Damit wir jede:n Einzelne:n mitnehmen, braucht es ein attraktives Ziel, ein Wozu, und das liefern wir: Gesundheit ist der Wert, hinter dem alle stehen. Wir haben alles zu verlieren. Und deshalb ganz viel zu gewinnen. Wir können es schöner haben als jetzt – und gesünder!

Eckart v. Hirschhausen

Prof. Dr. Eckart von Hirschhausen ist Arzt, Wissenschaftsjournalist und Gründer der Stiftung „Gesunde Erde – Gesunde Menschen". Die Stiftung veranschaulicht, welche massiven gesundheitlichen Gefahren die Klimakrise bringt, und wie Gesundheitswesen, Politik und Zivilgesellschaft jetzt gemeinsam handeln können. Von Hirschhausen ist Moderator, Autor („Mensch, Erde! Wir könnten es so schön haben", dtv 2021) und setzt sich seit 2018 für eine medizinisch und wissenschaftlich fundierte Klimapolitik ein. Er ist Mitglied der „Scientists for Future", Ehrenmitglied der Fakultät der Charité, Unterstützer der „Deutschen Allianz Klimawandel und Gesundheit" (KLUG) und Honorarprofessor der Universität Marburg.

Vektorbedingte Infektionskrankheiten

Neue Herausforderungen durch den Klimawandel

Der folgende Artikel beschäftigt sich mit dem Einfluss des Klimawandels auf das mögliche neue Auftreten und die Ausbreitung von vektorübertragenen Infektionskrankheiten in Deutschland und Europa. Hinsichtlich detaillierter Symptomatik, Diagnostik und Therapie der nachfolgend erwähnten Infektionskrankheiten verweisen wir auf die einschlägige Literatur.

Ignaz Schmidt, Kreuzau

Klimaveränderungen: Effekte auf Vektoren und Krankheitserreger

Durch Vektoren bedingte Infektionskrankheiten (VBD) sind Krankheiten, bei denen die Erreger vornehmlich mittels Insekten und Spinnen, zu denen Zecken gehören, als sogenannte Vektoren auf den Menschen übertragen werden. Das Erregerreservoir können Tiere oder aber auch der Mensch selbst sein.

Die beiden wichtigsten Klimafaktoren, die einen Effekt auf VBD haben, sind Temperatur und Niederschlag. Temperatureffekte auf Vektoren bewirken speziesabhängig eine Ab- oder Zunahme der Überlebensfähigkeit sowie Veränderungen des Populationswachstums, der Anfälligkeit von Vektoren gegenüber Krankheitserregern sowie Veränderungen im Nahrungsverhalten und Wirtkontakt. Temperatureffekte auf Krankheitserreger zeigen sich in einer verkürzten Inkubationsperiode im Vektor bei höheren Temperaturen, einer verkürzten Replikationsdauer sowie einer Veränderung der Transmissionssaison [7].

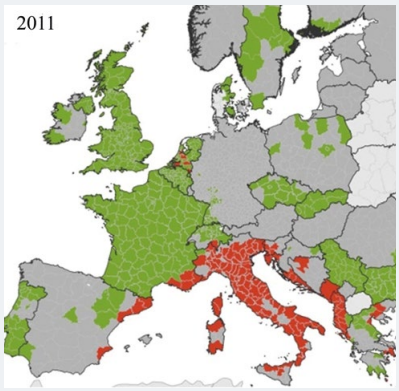
Die Niederschlagseffekte auf Vektoren sind mannigfaltig und häufig auch gegensätzlich. So vermehrt eine höhere Niederschlagsmenge die Habitate der Larven, wohingegen Starkregen Habitate zerstören, aber auch zu einer Synchronisation von Wirtssuche und Virustransmission führen kann. Eine Abnahme der Regenmenge kann Flüsse in stehende Gewässer verwandeln und auch zu neuen Habitaten in vermehrten Wassersammelbehältern führen (Mücken).

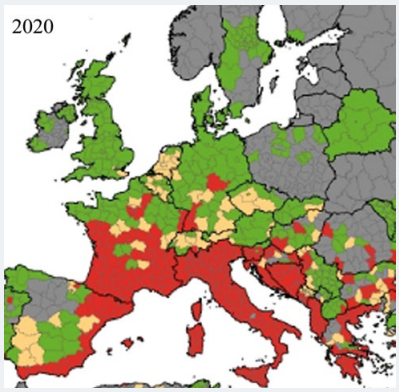
Über den Einfluss der Niederschlagsmenge auf die Krankheitserreger liegen keine zuverlässigen Daten vor [7].

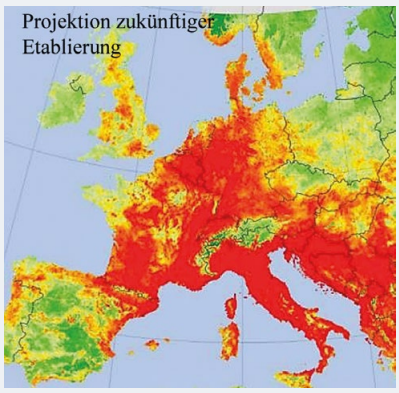
Die beiden Vektorengruppen, die in Europa für zukünftige neue Infektionskrankheiten die größte Bedeutung haben, sind Mücken und Zecken [9]. Die von ihnen übertragenen Krankheiten werden als mosquito-borne-disease (MBD) und tick-born-disease (TBD) bezeichnet.

Im Weiteren werden ausgehend von der Ausbreitungsdynamik der Vektoren die

Abbildung 1. Verbreitung von ***Aedes albopictus*** 2011, 2020 sowie laut Prognosen für 2050







- Etabliert
- Eingeführt
- Nicht anwesend
- Keine Daten
- Unbekannt
- Außerhalb der Reichweite

Verbreitung von *Aedes albopictus* 2011 und 2020 in Europa (oben), Mögliche zukünftige Verbreitung von Aedes albopictus unter Zugrundelegung der Klimamodelle des Weltklimarats (unten) (2019).
Quelle: European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union

wichtigsten MBD und TBD betrachtet, und deren Vorkommen in Europa und Deutschland aufgezeigt.

Von Mücken übertragbare Infektionskrankheiten

Aedes albopictus (asiatische Tigermücke)

Aedes albopictus, neben *Aedes aegypti* ein sekundärer Dengue-Vektor in Asien, hat sich in mehr als 32 Staaten in den USA und in mehr als 25 Ländern in der Europäischen Region verbreitet, hauptsächlich aufgrund des internationalen Handels mit gebrauchten Reifen (einem Brutlebensraum) und anderen Gütern, wie z. B. Bambus [20]. *Aedes albopictus* ist sehr anpassungsfähig. Seine geografische Verbreitung ist hauptsächlich auf seine Toleranz gegenüber kälteren Bedingungen im Ei- und adulten Stadium gegründet [11, 16].

Aedes albopictus hat sich in Deutschland hauptsächlich im Oberrheingraben und Thüringen etabliert [1]. Abbildung 1 zeigt die ausgeprägte Dynamik der Ausbreitung von *Aedes albopictus* von 2011 bis 2020. In Anbetracht der basierend auf Modellrechnungen des Weltklimarats zu erwartenden Klimaerwärmung ist bis zum Jahr 2050 mit einer Ausbreitung bis in den Norden Europas zu rechnen.

Dengue-Fieber und Chikungunya sind zwei tropische Infektionskrankheiten, die von *A. albopictus* übertragen werden können und auch in Europa zunehmend relevant werden. Der Erreger des Dengue-Fiebers ist wie das Gelbfiebervirus, das FSME-Virus oder das West-Nil-Fieber-Virus ein Flavivirus, wobei 4 Serotypen unterschieden werden können. Dengue-Fieber ist eine schwere grippeähnliche Krankheit, die Menschen jeden Alters betrifft und aufgrund massiver Gefäßpermeabilitätsstörungen zum Tod führen kann. Dies ist fast ausschließlich der Fall, wenn bereits vorher der Kontakt zu einem der 3 anderen Serotypen stattgefunden hat.

Durch die Ausbreitung des **Dengue-Fiebers** auf neue Gebiete einschließlich Europa nimmt nicht nur die Zahl der Fälle zu, sondern es kommt auch immer wieder zu explosiven Ausbrüchen. Auch in Europa besteht jederzeit die Gefahr eines Dengue-Ausbruchs. In Frankreich und Kroatien wurde 2010 erstmals eine lokale Übertragung gemeldet [2]. Im Jahr 2012 führte ein Dengue-Ausbruch auf der portugiesischen Insel Madeira zu über 2000 Fällen [3]. Seit 2018 wurden jährlich jeweils mehrere autochthon, das heißt lokal, übertragene Fälle in Frankreich und Spanien gemeldet [2].

Im August 2020 erkrankte erstmals in Italien (Venetien) ein 54-jähriger Mann an einer lokal erworbenen Dengue-Infektion. Als Primärfall konnte ein Reiserückkehrer aus Indonesien ermittelt werden. Insgesamt wurden bis November 2020 in der Region Venetien 10 autochthone Fälle gemeldet [4].

2007 verzeichnete Italien – und damit erstmals ein europäisches Land – einen Ausbruch mit ca. 200 **Chikungunya**-Fällen [19]. Auslöser ist ein Virus aus der Familie der Togaviren. Charakteristisch sind starke Muskel-, Gelenk- und Kopfschmerzen, die oft monatelang persistieren können. Im Gegensatz zum Dengue-Fieber verläuft die Erkrankung aber selten tödlich. Es wird jedoch über ophthalmologische, neurologische und kardiologische Komplikationen berichtet. Im Jahr 2014 war Europa mit fast 1500 importierten Fällen mit der bisher höchsten Chikungunya-Belastung konfrontiert, wobei Frankreich und Großbritannien am stärksten betroffen waren. Frankreich bestätigte außerdem erstmals 12 Fälle einer autochthon erworbenen Chikungunya-Infektion im Süden des Landes. Im Jahr 2017 meldete das Europäische Zentrum für Krankheitsprävention und -kontrolle in Schweden (European Centre for Disease Prevention and Control = ECDC) insgesamt 10 Länder in Europa mit 548 autochthon erworbenen Chikungunya-Fällen. Italien trug mehr

als 50 % der Chikungunya-Last. Zum ersten Mal seit 2014 wurden in Europa (Frankreich und Italien) erneut autochthone Fälle gemeldet [19].

Seitdem treten jedes Jahr (außer 2018) in beiden Ländern lokal übertragene Chikungunya-Infektionen auf, 2019 erstmals auch in Spanien, wobei es sich um 3 isländische Touristen handelte [12].

Stechmücken (Culex-Spezies)

Spezies der Stechmücke *Culex* sind in Europa und Deutschland ubiquitär verbreitet.

Culex pipiens pipiens (Cpp.), mit ihren Biotypen *pipiens* und *molestus*, sowie *Culex torrentium* gelten in Europa als Hauptüberträger für das West-Nil-Virus (WNV). Diese Biotypen verhalten sich normalerweise äußerst wirtsspezifisch, das heißt *Cpp. pipiens* und *Culex torrentium* stechen vornehmlich Vögel, das wichtigste Erregerreservoir für das WNV, *Cpp. molestus* sind hingegen Säugetiere und somit auch den Menschen.

2013 konnte eine Arbeitsgruppe des Bernhard-Nocht-Instituts für Tropenmedizin in Hamburg (BNITM) jedoch zeigen, dass es in süddeutschen Regionen, in denen sich das Vorkommen aller 3 Biotypen überschneidet, zur Entwicklung von Hybriden kommt, die sowohl Vögel als auch Säuger stechen. Somit könnten diese Hybride als Brückenvektoren für WNV fungieren [17]. Das **West-Nil-Fieber** verläuft in ca. 80 % der Fälle asymptomatisch. Die symptomatischen Fälle beginne abrupt mit grippeähnlichen Symptomen. Rund 1 % der Infizierten erleiden einen neuroinvasiven Verlauf, wobei die Letalität bis zu 10 % beträgt.

Seit 2010 kommt es in Südost- und Südeuropa zunehmend zu regionalen **West-Nil-Fieber**-Ausbrüchen. Einen Höhepunkt erreichte die Dynamik 2018 mit EU-weit 2083 Fällen, von denen 181 letal verliefen, was einer Letalitätsrate von 8,7 % entspricht [5]. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, übertraf die Fallzahl somit die Summe aller Fälle aus den Jahren 2014 bis 2017.

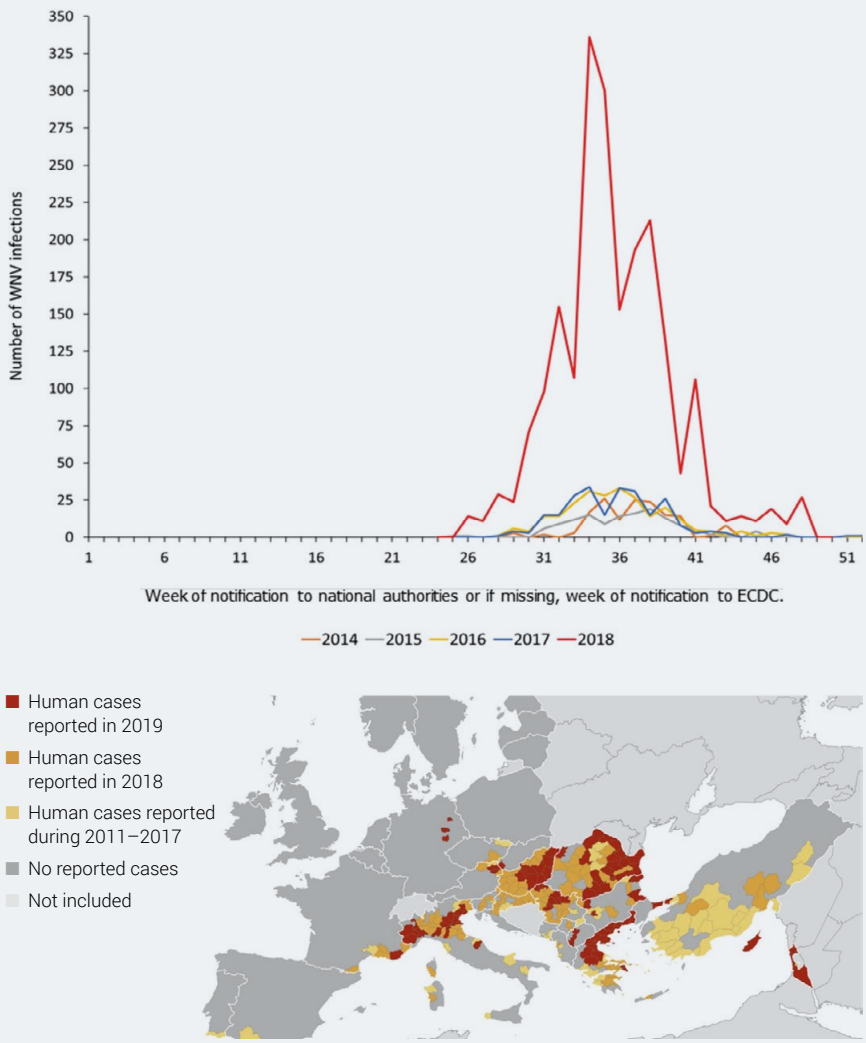
2019 wurden die ersten 5 autochthonen von Mücken übertragenen Fälle in 3 Regionen Ostdeutschlands gemeldet. 2020 wurden bis Mitte November weitere 13 Fälle registriert. Es waren 5 weitere ostdeutsche Landkreise erstmals betroffen [15].

„Offenbar haben die durch den Klimawandel bedingten ungewöhnlich warmen Sommer der letzten beiden Jahre dazu beigetragen, dass sich das WNF nördlich der Alpen etabliert hat", sagte Jonas Schmidt-Chanasit, Leiter der Virusdiagnostik am Bernard-Nocht-Institut, Hamburg [22].

Sandmücken (Phlebotominae)

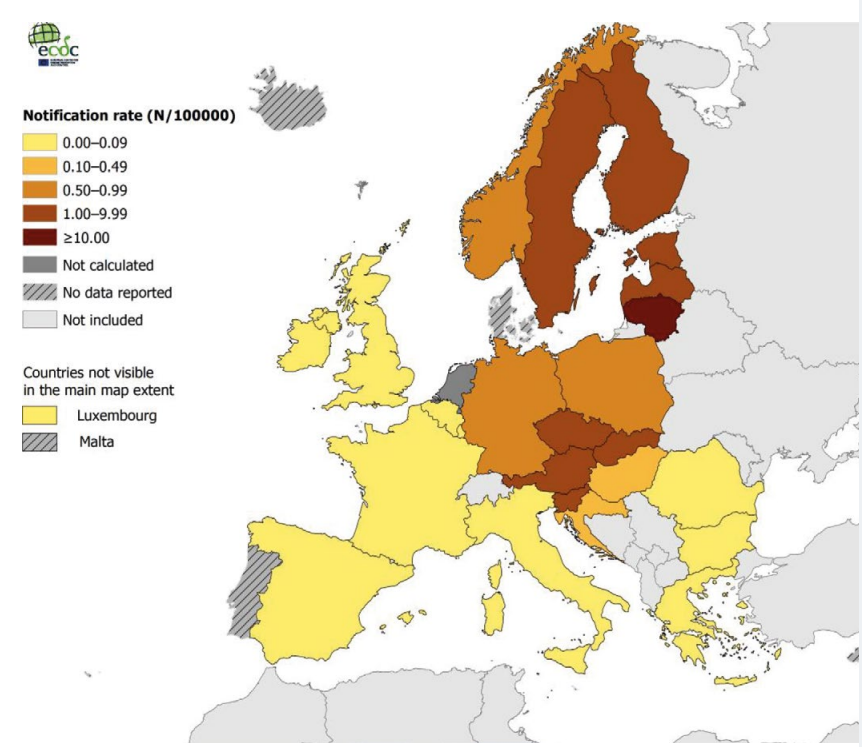
Die verschiedenen Gattungen der Sandmücken gehören zur übergeordneten Gruppe der Schmetterlingsmücken (*Psychodidae*). Obwohl die Auswirkungen von durch Sandmücken übertragenen Infektionen auf die öffentliche Gesundheit in Ländern an der Süd- und Ostküste des Mittelmeers am größten sind, sind sie auch in Europa ein aufkommendes Problem im Zusammen-

Abbildung 2. Häufigkeit und Verbreitung des West-Nil-Fiebers



Gemeldete autochthone WNF-Fälle 2014 bis 2018 (oben), Verbreitung von WNF in Europa von 2011 bis 2019 (unten).
Quelle: European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union

Abbildung 3. Bestätigte FSME-Fälle



Source: Country reports from Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Czechia, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, the Netherlands, Norway, Poland, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden and the United Kingdom

Länderbezogene Inzidenzen von bestätigten FSME-Fällen in der EU/European economic Area (EAA); **Quelle:** European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union.

hang mit der globalen Erwärmung und dem gesellschaftlichen Verhalten – vor allem Urlaubs- und Geschäftsreisen –, das die Verteilung und Häufigkeit von Vektoren beeinflusst.

Die Stechaktivität der Sandmücken ist streng saisonal auf die Sommermonate begrenzt. Sandmücken treten erstmals im Jahr in Erscheinung, wenn 3-mal hintereinander nachts die Temperatur nicht < 20°C fällt, was im Mittelmeerraum meist ab Ende Mai der Fall ist. Die Verbreitungsgrenze der Sandmücke, die der 10°C-Jahresisotherme entspricht, verschiebt sich langsam nach Norden. Ausgehend von den IPCC-Szenarien werden in den nächsten Jahrzehnten noch deutlich bessere klimatische Bedingungen für die Ausbreitung der Sandmücke erwartet [6].

Der wichtigste von Sandmücken übertragene Erreger, der zukünftig auch in nördlicheren Breiten zunehmend eine Rolle spielen wird, ist der Parasit *Leishmania infantum*, Auslöser der **Viszeralen Leishmaniose** (VL). Die Erkrankung ist gekennzeichnet durch unregelmäßige Fieberanfälle, erheblichen Gewichtsverlust, Hepatosplenomegalie sowie schwere Anämie. Wenn VL nicht behandelt wird, kann die Todesrate innerhalb von 2 Jahren bis zu 100 % betragen. Am häufigsten betroffen sind Kinder.

Mücke und Parasit haben sich beide gemeinsam südlich von 45° nördlicher Breite und unterhalb von 800 Höhenmetern etabliert. Aufgrund der Ausbreitung der Sandmücken nach Norden und der Einfuhr von mit *L. infantum* infizierten Hunden werden wahrscheinlich neue Infektionsherde in nördlichen Gebieten entstehen.

In Deutschland treten jedes Jahr autochthone Infektionen mit *L. infantum* auf, die jedoch überwiegend Hunde betreffen. Über eine sicher autochthon erworbene Leishmaniose bei einem Kleinkind wurde 2014 von Naucke et al. berichtet [13].

Laut Vorhersagen der ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) könnten ab 2025 möglicherweise *P. mascitti* und *P. perniciosus Leishmania infantum* sogar in England transmittieren.

Von Zecken übertragbare Infektionskrankheiten

Gemeiner Holzbock (Ixodes ricinus)

Der Klimawandel hat auch auf die bei uns etablierten zeckenbürtigen Infektionskrankheiten **Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME)** und **Borreliose** Auswirkungen. Beide Erkrankungen werden durch *Ixodes ricinus* (Gemeiner Holzbock) übertragen. Dieser Vektor ist ubiquitär in Europa bis nach Skandinavien verbreitet. Insbesondere bei der **FSME** führt die zunehmende Erwärmung zu einer langsamen Ausbreitung nach Norden. Jedes Jahr werden in Deutschland vom RKI neue Landkreise als Risikogebiete deklariert [14]. Eine slowakische Studie konnte zeigen, dass sich FSME auch in höheren Lagen ausbreiten wird [10].

In Europa divergieren die Infektionszahlen erheblich mit Inzidenzwerten zwischen < 1 und > 10 pro 100.000. Hauptsächlich betroffen sind Zentral- und Osteuropa, sowie insbesondere das Baltikum und Skandinavien (Abb. 3).

Im Baltikum und an der finnischen Küste kommt es zudem zu einer zunehmenden

Tabelle 1. Ausbreitung von Vektoren und vektorbedingten Infektionskrankheiten in Europa

Vektor	Situation in Europa	Erkrankung	Autochtone Infektionen
Asiatische Tigermücke *(Aedes albopictus)*	Im gesamten Mittelmeerraum vertreten, in den letzten Jahren starke Ausbreitung nach Norden, in D etabliert im Breisgau und Thüringen	Dengue-Fieber	Erstmals 2010 in Kroatien und Frankreich, seit 2018 regelmäßig in Spanien und Frankreich, 2020 in Italien
		Chikungunya	2014 erstmals in Frankreich, 2017 insgesamt 10 europäische Länder betroffen, am stärksten Italien, seitdem immer wieder Fälle in Italien und Frankreich, 2019 erstmals in Spanien
Stechmücken *(Culex species)*	In ganz Europa verbreitet	West-Nil-Fieber	Seit 2010 in Südost- und Südeuropa, 2018 EU-weit > 2000 Fälle, 2019 und 2020 Transmissionen in Ostdeutschland
Sandmücken *(Phlebotominen)*	Südeuropa, nördliche Verbreitungsgrenze 10°-Jahresisotherme	Viszerale Leishmaniose	Südlich 45° nördlicher Breite, besonders Spanien und Sizilien, jährlich Transmissionen in Deutschland, meist Hunde betreffend, 2014 autochthone Infektion eines Kleinkindes
Gemeiner Holzbock *(Ixodes ricinus)*	Ubiquitär in Europa	Borreliose	Ganz Europa, nördlich bis Skandinavien, aufgrund der klimabedingten Verlängerung der Aktivitätszeit des Vektors zunehmende Infektionen zu erwarten
		FSME	In Europa stark divergierende Inzidenzen zwischen < 1 und > 10. Am stärksten betroffen sind Zentral-, Ost- und Nordeuropa, in Deutschland langsame Ausbreitung nach Norden
Jagdzecke *(Hyalomma marginatum)*	Hauptsächlich in Ost- und Südosteuropa südlich 50. Breitengrad, 2018 erstmals Nachweis größerer Anzahl durch Vögel in Deutschland importiert, 2019 Funde von überwinterten Zecken in Deutschland	Krim-Kongo-Hämorrhagisches Fieber (CCHV)	Endemische Verbreitung auf dem Balkan, eng an die Verbreitung des Vektors geknüpft, bisher keine CCHV in Zeckenfunden in Deutschland

Einwanderung der sibirischen und fernöstlichen Subtypen, die von Ixodes persulcatus übertragen werden und deutlich virulenter und aggressiver sind.

Auch die Inzidenzen der **Borreliose** werden zunehmen, da sich die Aktivitätssaison von Ixodes ricinus weiter verlängern wird.

Jagdzecken (Hyalomma marginatum)

Die *Hyalomma*-Zecke ist zwei- bis dreimal so groß wie ihre europäischen Verwandten und hat auffällig gestreifte Beine. Anders als europäische Zecken jagt die *Hyalomma*-Zecke aktiv und kann Warmblüter über mehrere hundert Meter verfolgen.

Als nördliche Grenze für die Ausbreitung von *Hyalomma marginatum* galt bis vor wenigen Jahren der 50. Breitengrad, auf welchem in Deutschland die mittelrheinische Stadt Mainz liegt. 2018 wiesen Forscher der Universität Hohenheim erstmals Tiere der Gattung *Hyalomma* in größerer Menge auch in Norddeutschland nach. Sie wurden bislang vermutlich von Zugvögeln eingeschleppt. 2019 wurde *Hyalomma marginatum* in Mittel- und Norddeutschland jedoch so früh im Jahr gefunden, dass es sicher ist, dass diese Zecken hier auch überwintert haben [18].

Hyalomma marginatum ist der Hauptvektor für das **Krim-Kongo-Hämorrhagische-Fieber** (CCHF = Crimean-Congo hemorrhagic fever). Nach einer Inkubationszeit von durchschnittlich 9 Tagen beginnt die Erkrankung mit Fieber, Lichtempfindlichkeit und starken Schmerzen, häufig gefolgt von neurologischen und psychischen Symptomen, wie Stimmungsschwankungen, Depressionen, Verwirrung und Schläfrigkeit. Bei schwerem Verlauf kommt es meist nach dem 5. Krankheitstag zum Multiorganversagen. Die Sterblichkeitsrate liegt bei ca. 30 %.

CCHF ist endemisch verbreitet in Afrika, dem Nahen Osten, auf dem Balkan sowie in asiatischen Ländern südlich des 50. Breitengrades. Das Auftreten von CCHF scheint eng an die Verbreitungsgebiete von *Hyalomma marginatum* gebunden zu sein, da diese im Infektionszyklus Wirt-Vektor-Wirt eine herausragende Rolle spielt. Die Zecken sind in diesem Zyklus sowohl Vektoren als auch Reservoir, während die Säugetiere ausschließlich als Verstärkerwirte dienen. Der Mensch ist ein Fehlwirt [21].

Das CCHF-Virus konnte in den *Hyalomma marginatum*-Funden in Deutschland bisher noch nicht nachgewiesen werden.

Zusammenfassung

In Europa und Deutschland ist in den nächsten Jahrzehnten mit dem Auftreten neuer Infektionen zu rechnen, die bisher überwiegend aus tropischen Regionen bekannt sind, sowie der weiteren Ausbreitung bereits etablierter Infektionskrankheiten (s. Tabelle S. 11).

Hinsichtlich der zukünftigen Dynamik des Auftretens von vektorbedingten Infektionskrankheiten lassen sich jedoch nur sehr ungenaue Aussagen treffen, da die klimatischen Effekte sehr komplex sind. Die Etablierung und weitere Verbreitung der Vektoren steigern jedoch zunehmend das Risiko von lokalen Ausbrüchen, da aufgrund der gestiegenen Mobilität potenzielle Krankheitserreger vermehrt importiert werden. Sämtliche Prognosen lassen leider vermuten, dass nach Beherrschung der Corona-Pandemie der weltweite Personen- und Warenverkehr wieder deutlich zunehmen werden.

Es ist deshalb dringend notwendig, dass sich Ärztinnen und Ärzte für Kinder- und Jugendmedizin und Vertreterinnen und Vertreter anderer Berufsgruppen in unserem Gesundheitssystem mit diesem für viele noch unbekannten Thema intensiv befassen. Es muss über diese sowohl für alle Gesundheitsberufe wie erst recht die „normalen“ Bürgerinnen und Bürger als medizinische Laien noch weitgehend unbekannte Thematik nachvollziehbar und verständlich aufgeklärt werden. Dazu sollten sämtliche Medien – klassische wie internetbasierte – genutzt werden. Die

Informationsbereitstellung könnte über das Robert Koch-Institut (RKI), Universitäts- oder andere öffentliche Institute der Tropen- sowie Veterinärmedizin und entsprechende Bundesoberbehörden erfolgen. Klimawandelbedingte Erkrankungen müssen zudem obligat in die Lehrpläne für die Ausbildung zu Ärztinnen und Ärzten, Pflege- sowie Sanitätsberufen aufgenommen werden.

So erarbeitet die Arbeitsgemeinschaft Globale Umweltgesundheit des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin an der LMU München zurzeit in Kooperation mit der Bundesärztekammer ein Mustercurriculum für Medizinische Fachangestellte zum Thema Klimawandel und Gesundheit.

Ebenfalls federführend war das LMU-Institut in der Entwicklung eines vom Bundesumweltministerium mitfinanzierten pädiatrischen Bildungsmoduls für Ärztinnen und Ärzte, welches zu sämtlichen relevanten Gesundheitsthemen vor dem Hintergrund des Klimawandels umfangreiche Informationen liefert. Seit mehreren Jahren werden diese Themen auf den großen pädiatrischen Kongressen in Form von Vorträgen und Seminaren präsentiert. Die Informationen sind für alle interessierten Ärztinnen und Ärzte außerdem auf der Website des Projekts abrufbar [8].

Dr. med. Ignaz Schmidt …

… ist Facharzt für Kinder- und Jugendmedizin mit Schwerpunkt Reisemedizinische Gesundheitsberatung mit DTG-Zertifikat, Leiter einer Gelbfieber-Impfstelle, Mitglied der WAG Umweltmedizin der GPA sowie der AG Pädiatrie bei KLUG und Referent im Rahmen des Bildungsmoduls Klimawandel und Gesundheit der LMU München.

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1 European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Aedes albopictus – current known distribution: May 2020; June 2021; https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-may-2020

2 European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Autochthonous transmission of dengue virus in EU/EEA, 2010-present. https://www.ecdc.europa.eu/en/all-topics-z/dengue/surveillance-and-disease-data/autochthonous-transmission-dengue-virus-eueea

3 European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Surveillance, threats and outbreaks of dengue fever; https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-fever/threats-and-outbreaks/madeira-outbreak-2012

4 European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Communicable disease threats report, 15-21 November 2020, week 47. published. 20. Nov 2020; https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/communicable-disease-threats-report-15-21-november-2020-week-47

5 European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Epidemiological update: West Nile virus transmission season in Europe, 2018; 14 Dec 2018; https://www.ecdc.europa.eu/en/news-events/epidemiological-update-west-nile-virus-transmission-season-europe-2018

6 European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Phlebotomine sand flies – Factsheet for experts; https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/phlebotomine-sand-flies

7 Grunewald J, Habedank B, Hartelt K et al. Mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Ausbreitung von primärhumanmedizinisch relevanten Krankheitserregern über tierische Vektoren sowie auf die wichtigen Humanparasiten in Deutschland. Institut für Medizinische Parasitologie der Universität Bonn. Forschungsbericht 200 61 218/11 (UBA-FB 000454, 2003)

8 http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Bildungsmodule-Aerzte/de/bildungsmodule-plan/index.html

9 Klouche M. Vektor-übertragene Erkrankungen Teil II: Womit müssen wir in Europa rechnen? Trillium Diagnostik; Heft 3/2018 Hämatologie. https://www.trillium.de/zeitschriften/trillium-diagnostik/ausgaben-2018/td-heft-32018/in-vitro-diagnostik/cme-beitrag-vektor-uebertragene-erkrankungen-teil-ii.html

10 Lukan M et al. Climate Warming and Tick-born Enzephalitis in Slovakia, 2005. University of Zilina, Tutranska Javorina, Slovakia

11 Medlock JM, Avenell D, Barrass I, Leach S. Analysis of the potential for survival and seasonal activity of Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) in the United Kingdom. J Vector Ecology 2006; 31(2): 292–304

12 Nach Italien und Frankreich. Spanien meldet erste Chikungunya-Infektionen. Ärztezeitung 17.6.2019; https://www.aerztezeitung.de/Medizin/Spanien-meldet-erste-Chikungunya-Infektionen-254778.html

13 Naucke TJ. Die Leishmaniose – eine potentielle Gefahr für Mitteleuropa. In: Lozán JL, Grassl H, Jendrizky G, Maier WA, Reise K. Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken/Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2014; 2. Aufl., Kap 3.2.11: 8

14 Robert Koch-Institut. Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) und verwandte Virusenzephalitiden (TBE, tick-borne encephalitis): Vorkommen; Stand 9.4.2021; https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_FSME.html;jsessionid=6B1229DD22FD7C60BAFF6491B56985AF.internet051#doc2381918bodyText3

15 Robert Koch-Institut. West-Nil-Fieber im Überblick; Infektionswege, Stand 16.9.2020; https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/W/WestNilFieber/West-Nil-Fieber_Ueberblick.html;jsessionid=C02327829699456E1B47B7A5A8BD6517.internet052#doc11434928bodyText3

16 Romi R, Severini F, Toma L. Kalte Akklimatisation und Überwinterung des weiblichen Aedes albopictus bei Roma. Zeitschrift der American Mosquito Control Association 2006; 22(1): 149–151

17 Rudolf M et al. First Nationwide Surveillance of Culex pipiens Complex and Culex torrentium Mosquitoes Demonstrated the Presence of Culex pipiens Biotype pipiens/molestus Hybrids in Germany. Bernhard Nocht Institute for Tropical Medicine Hamburg; 2013; https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071832

18 Tropische Zeckenart überwintert erstmals in Deutschland; 11. Juni 2019; https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/103759/Tropische-Zeckenart-ueberwintert-erstmals-in-Deutschland

19 WHO. Chikungunya. 15. September 2020; https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya

20 WHO. Dengue and severe dengue; Mai 2021 (https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue)

21 Wiemer D. Der „schwarze Tod", Krim-Kongo-Hämorrhagisches-Fieber. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2015; 58: 714-720

22 Gemeinsame Pressemitteilung des Friedrich-Loeffler-Instituts, des Bernhard-Nocht-Instituts und des Robert Koch-Instituts; 2019 (https://www.rki.de/DE/Content/Service/Presse/Pressemitteilungen/2019/09_2019.html)

Die Klimakrise als Krise der psychischen Gesundheit für Kinder und Jugendliche

Die Klimakrise birgt für den Menschen viele Risiken. Noch viel zu selten werden dabei die psychischen Konsequenzen in den Blick genommen – weder die von akuten Umweltstressoren noch jene der kognitiven Auseinandersetzung mit der Bedrohung durch die menschengemachte Erderhitzung. Wir wollen beides im folgenden Beitrag am Beispiel der Risikogruppe der Kinder und Jugendlichen anreißen und dabei exemplarisch auf die potenziellen psychischen Folgen von Pandemien, Luftverschmutzung und „Klimasorgen" eingehen.

Felix Peter, Halle (Saale) und Katharina van Bronswijk, Hamburg

Klimakrise: Globale Perspektive und Risikogruppen

Die Klimakrise ist in Europa angekommen und auch in Deutschland längst präsent [6, 24]. Sie betrifft uns nicht erst in einigen Jahrzehnten, sondern jetzt. Weltweit sind im Jahr 2019 Millionen junger Menschen auf die Straße gegangen, um jene Erwachsenen aufzurütteln, die über die **Lebensbedingungen von morgen** entscheiden. Und dies war und ist auch notwendig, denn die derzeitigen politischen Weichenstellungen weisen trotz des Pariser Klimaabkommens in eine deutlich über 3°C heißere Zukunft zum Ende des Jahrhunderts [z. B. 42]. Dabei wurde als Ziel vereinbart, deutlich unter 2°C zu bleiben, um eine Katastrophe abwenden zu können.

Nicht alle Menschen sind von der Klimakrise gleichermaßen betroffen. Die Auswirkungen werden regional sehr unterschiedlich ausfallen. So wurden zwischen September 2020 und Februar 2021 weltweit über 10 Millionen Menschen durch Erscheinungsformen der Klimakrise wie Überflutungen oder Dürre vertrieben, 60 % davon *allein im asiatischen Pazifikraum* [17]. Jüngere Kinder, Frauen und ältere Menschen sind durch solche extremen Ereignisse am stärksten gefährdet [3].

Neben regionalen Unterschiedlichkeiten gibt es somit **Risikogruppen**, die besonders anfällig für die negativen Folgen der Erderhitzung sind [1, 9, 35, 47]: Menschen mit geringeren finanziellen Ressourcen, ältere und somatisch oder psychisch erkrankte Menschen, naturverbundene Gemeinschaften, oder Kinder und Jugendliche. Gerade letztere nehmen unter den Risikogruppen eine herausgehobene Rolle ein, weil sie auf den Umgang mit Krisen und einschneidende Umweltveränderungen in vielerlei Hinsicht nicht vorbereitet sind. Und sie sind auch aufgrund ihrer Abhängigkeit von Erwachsenen besonders vulnerabel. Somit bergen Klima- und Umweltstressoren erhebliche Entwicklungsrisiken für junge Menschen und können die Zukunft und das Wohlbefinden ganzer Generationen bedrohen [41].

Schon lange ist klar, dass – global gesehen – **Menschen in Entwicklungsländern** und jüngere Kinder durch die Folgen der Klimakrise überproportional betroffen sein werden [23]. Bereits 2008 hat die Entwicklungswissenschaftlerin Sheridan Bartlett umfassend dargestellt, welchen multiplen Risiken Kinder in Ländern mit mittleren und niedrigen Einkommen ausgesetzt sind [3]: z. B. erhöhen Hitzewellen das Risiko für Hitzestress, Atemwegserkrankungen, Zoonosen und Mangelernährung; Starkniederschläge mit anschließenden Überflutungen setzen Kinder einer größeren Lebensgefahr aus, erhöhen das Risiko für Mangelernährung und Infektionskrankheiten; Entwicklungsrisiken werden größer durch ausbleibenden Schulbesuch, fehlende soziale Interaktionen, Obdachlosigkeit und Migration sowie familiäre Stressoren.

In den epidemiologischen Modellrechnungen zu den gesundheitlichen Folgen der Klimakrise kommen **psychische Belastungen sowie Entwicklungsrisiken**, die sich nicht zuletzt auch über mehrere Generationen fortsetzen können, im Gegensatz zu körperlichen Erkrankungen noch zu kurz [32]. Solche Risiken für die Gesundheit und Entwicklungsperspektive von Kindern und Jugendlichen dürfen jedoch nicht unterschätzt werden.

Corona-Pandemie: Beispiel für die psychischen Folgen von Umweltkrisen

Die Klimakrise ist längst nicht die einzige ökologische Krise, die sich die Menschheit selbst geschaffen hat. Das Artensterben oder die Zerstörung von Ökosystemen sind weitere. Doch ihre für den konkreten Lebensalltag in Mitteleuropa bislang vergleichsweise wenig sicht- und spürbaren Auswirkungen machen es schwierig, hierzulande die sich aus der schleichenden Entwicklung der Klimakrise ergebenden Konsequenzen für die psychische Gesundheit in ihrem ganzen Ausmaß realistisch einzuschätzen. Vor diesem Hintergrund lohnt sich ein Blick auf die Corona-Pandemie als akutes Beispiel weltweiter Umweltkrisen.

Wie unter einem Brennglas hat die Pandemie in nur 2 Jahren offengelegt, wie tiefgreifend ein Impuls aus einer sich verändernden Umwelt menschliche Lebensbedingungen beeinflussen kann und dabei neben Belastungen für die körperliche Gesundheit auch soziale Veränderungen auslöst, die wiederum für viele Menschen ganz konkrete psychische Belastungen und Entwicklungsrisiken zur Folge haben. In diesem Sinne führt uns die Pandemie vor Augen, inwieweit die komplexen Folgen von Umweltkrisen nicht nur über direkte physikalische Effekte, sondern auch über sekundäre soziale Konsequenzen spürbar Wirkung entfalten können.

So zeigt die COPSY-Studie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf über drei Erhebungszeitpunkte hinweg (Frühjahr 2020, Jahreswechsel 2020/2021, Herbst 2021) deutlich schlechtere Prävalenzen für die gesundheitsbezogene Lebenszufriedenheit von Kindern und Jugendlichen im Alter von 7 bis 17 Jahren [38, 39, 40] gegenüber Daten aus der prä-pandemischen Zeit. Ein im Vergleich deutlich höheres Risiko für Beeinträchtigungen zeigten dabei Kinder aus Elternhäusern mit geringerem formalem Bildungsgrad, mit Migrationshintergrund

oder mit Eltern mit psychischen Problemen – also gerade auch jene Gruppen, die ohnehin im Bildungssystem bereits benachteiligt sind.

Schon in kurzer Zeit nahmen in der Corona-Pandemie emotionale und Verhaltensprobleme sowie Einsamkeitserleben zu; dies muss im Zusammenhang mit den Veränderungen des Lebensalltags durch die Eindämmungsmaßnahmen, wie Schulschließungen und Abstandsregelungen, gesehen werden [5, 20]. Die psychischen und biografischen Konsequenzen, die allein den pandemiebedingten Schulschließungen zugerechnet werden müssen, sind in ihrer ganzen Bandbreite noch gar nicht absehbar [31]. Dies gilt auch, weil die Bedarfsspitzen, die durch sozial-ökologische Krisen wie der Pandemie entstehen, mit der aktuellen psychotherapeutischen Versorgungslage nicht abgedeckt werden können. So betrug die durchschnittliche Wartezeit für eine Psychotherapie bereits vor der Pandemie etwa 18 Wochen [4] – während der Pandemie stieg dann die Nachfrage nach Therapieplätzen für Kinder und Jugendliche um rund 60 % [10].

International wird diskutiert, dass das Risiko für weitere Pandemien infolge der Erderhitzung zunehmen könnte [7]. Und Pandemien stellen nur einen Ausschnitt an möglichen Konsequenzen der Klimakrise dar. Doch bereits die exemplarischen Folgen von „nur" 2 Jahren Corona-Pandemie zeigen auf, worauf sich Gesellschaften und Institutionen künftig einstellen müssten, sollte der aktuelle Pfad der fortschreitenden Erderhitzung nicht verlassen werden.

Psychische Belastungen durch veränderte Luftqualität

Auch die Luftqualität muss im Zuge der Klimakrise hinsichtlich ihres Potenzials für psychische Belastungen in den Blick genommen werden. Mehrere wissenschaftliche Arbeiten weisen auf den positiven Zusammenhang zwischen höheren Temperaturen und einer schlechteren Luftqualität aufgrund stärkerer Konzentrationen an Luftschadstoffen hin [1, 8, 21, 44, 47]. Und eine schlechtere Luftqualität wird wiederum z. B. für die Zunahme von allergischen Erkrankungen bei Kindern verantwortlich gemacht [13, 19].

Doch nicht nur das: So verweisen die Psychiaterin Lise van Susteren und der Epidemiologe Wael Al-Delaimy auf den Zusammen-

hang zwischen Luftverschmutzung und neurologischen Entzündungen, die wiederum für verschiedene psychische Erkrankungen verantwortlich gemacht werden [47]. Luftschadstoffe können die neurologische Entwicklung beeinträchtigen [22] und schon geringe Verschmutzungsgrade in der Luft der Wohnumgebung können bei Kindern und Jugendlichen mit einem erhöhten Risiko für psychische Erkrankungen einhergehen [29]. Bereits eine stärkere pränatale Exposition gegenüber bestimmten Luftschadstoffen – in diesem Fall polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, die sich unter anderem an verkehrsreichen Straßen anreichern können – kann zu psychischen Problemen wie Aufmerksamkeitsdefiziten oder Symptomen einer Angsterkrankung oder Depression im Grundschulalter führen [24] – also den Beginn einer Entwicklungsphase, in der emotional-soziale Schwierigkeiten einen großen Risikofaktor für soziales und schulisches Lernen darstellen (für einen Überblick zur physiologischen Wirkung von Luftschadstoffen [22]).

Aber auch somatische Erkrankungen, wie durch eine geringere Luftqualität infolge der Klimakrise begünstigte **Allergien oder allergisches Asthma**, sind nicht nur in ihren physischen Folgen zu betrachten, sondern bergen ebenso Risiken für das psychische Wohlbefinden, nicht zuletzt durch den damit verbundenen Verlust an Lebensqualität [13].

Ständige Sorge ums Klima kann psychische Folgen haben

Und es gibt noch weitaus mehr Möglichkeiten, wie die Klimakrise sich auf die psychische Gesundheit niederschlagen kann: **Direkt erlebte Extremwettereignisse** können z. B. zu posttraumatischen Belastungssymptomen, Suizidalität oder Aggressionen führen; und psychische Beeinträchtigungen können auch indirekte Folge von Erscheinungsformen der Klimakrise, z. B. durch Mangelernährung, häusliche Konflikte, anhaltende Unsicherheit, chronischen Stress, Migrationserfahrungen, kriegerische Konflikte, Verlust von Angehörigen etc. sein [41]. Und diese sekundäre psychische Belastung kann sich wiederum längerfristig auf die Entwicklung und psychische Gesundheit auswirken [8, 47].

Und selbst die alleinige kognitive Beschäftigung mit der Bedrohung durch die Klimakrise kann auf Dauer und ohne wirksame Ventile zu signifikanten psychischen Beeinträchtigungen führen. Dies zeigt bspw. eine internationale Studie mit über 10.000 jungen Menschen im Alter zwischen 16 und 25 Jahren aus 10 Ländern des globalen Nordens und Südens [16]: Über 80 % der Befragten zeigten sich mindestens einigermaßen besorgt (knapp 60 % sogar sehr oder extrem besorgt) hinsichtlich der Erderhitzung. Über die Hälfte gab an, sich traurig, ängstlich, wütend sowie macht- und hilflos zu fühlen. Diese emotionale Form von Klima-Stress stellt eine signifikante Bedrohung für das psychische Wohlbefinden dar [16, 28].

Eine sorgenvoll-ängstliche Reaktion kann mit Blick auf das Ausmaß der Klimakrise durchaus als adaptiv angesehen werden, da sie zu entschlossenerem Klimaschutzverhalten motivieren kann [33, 50]. Insbesondere Empörung bzw. Wut über mangelnden Klimaschutz können hier die Brücke zur Handlung schlagen [43]. In der Auseinandersetzung mit der schier unfassbaren Größe des Problems und mit der Notwendigkeit eines weitgehenden und tiefgreifenden Wandels ökonomischer und sozialer Beziehungsweisen kann es jedoch auch zu Enttäuschung und Frustration kommen. In einer Studie der FU Berlin mit über 2500 deutschen Jugendlichen und jungen Erwachsenen gaben 50 % der Befragten an, dass ihnen Nachhaltigkeit zwar wichtig ist, sie jedoch gleichzeitig desillusioniert und pessimistisch auf die Zukunft schauen [14].

Ein relativ neuer Begriff, der eng mit Desillusionierung verbunden ist, ist jener der **Solastalgie**, eine Wortneuschöpfung, die Nostalgie, Trostlosigkeit und Sehnsucht nach Trost vereinen soll – eine besondere Form von ökologischem Kummer [36]. Dieses stressauslösende Gefühl des unwiederbringlichen Verlusts von etwas, das mitunter noch (in Teilen) da oder zumindest noch nicht so lange verloren ist, betrifft v.a. stärker umweltverbundene Menschen und Gemeinschaften. Dies ist vielleicht ein Grund dafür, warum dieser Begriff sich hierzulande im öffentlichen Diskurs noch nicht ebenso stark durchgesetzt hat wie jener der „Klimaangst".

Psychische Überlastung versus Selbstwirksamkeit

Die Klimakrise wird in Form verschiedener, seriell oder parallel auftretender „kleinerer" Krisen – z. B. in Form von Pandemien, Naturkatastrophen, kriegerischen Konflikten um Ressourcen, Verlust von Lebensräumen etc. – immer stärker zutage treten. Emotionale Reaktionen wie Ängste und Sorgen werden deshalb auch in Mitteleuropa eine zunehmende Rolle spielen. Noch ungeklärt und im Verlauf der nächsten Jahrzehnte zu beantworten ist die Frage, welche Auswirkungen die kognitive Beschäftigung mit einer solchen chronischen, endlos erscheinenden und die Kräfte einzelner Menschen deutlich übersteigenden Krise und einer chronisch pessimistischen Zukunftsvorstellung auf die Psyche und Persönlichkeitsentwicklung heranwachsender Menschen haben wird.

Von vergangenen und gegenwärtigen Krisen ist bekannt, dass sie mit höheren Prävalenzen für Depressionen, Angststörungen und Suizidalität einhergehen können (z. B. Corona-Pandemie: [38, 39, 40] oder Wirtschaftskrisen: z. B. [45]). Darüber hinaus ist in Krisenzeiten im Zuge stressauslösender Gefühle wie Ängsten und Unsicherheit mit einer Zunahme an Prozessen der Realitätsverweigerung zu rechnen – wie z. B. der Glaube an

Verschwörungserzählungen, die einer schwer fassbaren Lage eine nachvollziehbare Bedeutung geben und die wahrgenommene Kontrolle erhöhen können [46].

Generell sind Kontrollerleben und Selbstwirksamkeit wichtige individuelle Ressourcen in Krisen. Sie geben Menschen das Gefühl, nicht nur Spielball äußerer Umstände zu sein, und etwas (wirksam) tun zu können. Doch selbst bei jenen jungen Menschen, die ein hohes Maß an Selbstwirksamkeit in der Klimakrise an den Tag legen, die sich z. B. bei Fridays for Future engagieren, sind mit der Zeit psychische Überlastungserscheinungen oder Demotivation zu befürchten bzw. zu beobachten, insbesondere dann, wenn die politischen Erfolge auszubleiben scheinen (vgl. z. B. [51]). Umso wichtiger ist die Partizipation in Gruppen, da sie zum einen die (wahrgenommene) Wirksamkeit durch kollektives Handeln erhöht [11]; zum anderen der Anschluss an eine Gruppe eine wichtige soziale Ressource ist, um drohender Überforderung mit den emotionalen Konsequenzen der Bedrohung durch die Klimakrise psychisch adaptiv begegnen zu können [33].

Im psychotherapeutischen Setting nimmt die Klimakrise in Deutschland nach eigenen Erfahrungen noch wenig Raum ein: Das Thema „Klimasorgen" ist dabei eines unter vielen Themen, mit denen sich ängstliche oder depressive Patientinnen und Patienten auseinandersetzen. Mit Blick auf Erfahrungen aus anderen Ländern (vgl. z. B. [49]) und zunehmend spürbaren Klimafolgen in Deutschland ist jedoch von einer Zunahme klimaassoziierter psychischer Belastungen in den nächsten Jahren und einem damit einhergehenden Anstieg therapeutischer Anfragen auszugehen. Insbesondere im Klimaschutz engagierte Menschen sind hier sensibilisiert und vulnerabel; dies zeigt sich z. B. in der Resonanz für das Beratungsangebot der Psychologists/Psychotherapists for Future [37, 51]. Und auch die Nachfrage durch direkt betroffene Menschen wird steigen, wie die Flutkatastrophe in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen im Sommer 2021 bereits gezeigt hat [25].

Ausblick: Klimaresilienz

Die vielen systemischen Verschachtelungen und Wirkungspfade lassen es gar nicht zu, alle gesundheitlichen Folgen der Klimakrise im Detail abzuschätzen, weder die körperlichen noch die psychischen – und am ungenauesten wird sich in Modellen wohl die Lebenszeitperspektive abbilden lassen. Nichtsdestotrotz muss ein Umgang damit gefunden werden. Deshalb sollten künftig noch stärker jene Ressourcen in den Blick genommen werden, die es Menschen ermöglichen, Krisen gesund zu bewältigen.

Ein bewährtes Konzept ist jenes der **Resilienz**, das einen dynamischen Anpassungs- und Entwicklungsprozess in Interaktion zwischen Individuum und kontextuellen Belastungsfaktoren beschreibt [12]. Nach dem bio-psycho-sozialen Modell menschlicher Gesundheit sind dabei aufseiten des Individuums biologische (z. B. genetische Disposition, Körperfunktionen), psychische (z. B. Verhaltensmuster, Bewältigungskompetenzen) und soziale Risikofaktoren (z. B. Lebensverhältnisse, sozioökonomischer Status) sowie deren Interaktion zu beachten. Kontextuelle Belastungsfaktoren können solche Risikofaktoren sowohl physisch (z. B. Verletzung durch Unfälle, materielle Schäden durch Unwetter, Virusinfektion) als auch psychosozial (z. B. Trauma nach Unwetter, emotionaler Stress durch Verlust von Angehörigen, Entwicklungsrisiken durch Schulausfall) verstärken.

Menschen, die Krisen und deren konkrete Stressoren erfolgreich meistern, werden als resilient bezeichnet. Resilienzförderli-

Abbildung. Vier-Felder-Schema zur Klimaresilienz am Beispiel von Klimabildung und Resilienzentwicklung in der Schule (nach [27, 33])

	Adaptive Resilienz Kapazität, sich an die Folgen der Erderhitzung anzupassen: „gesund und handlungsfähig bleiben"	**Transformative Resilienz** Kapazität, an transformativen Prozessen zur Eindämmung der Klimakrise teilzuhaben und diese zu bewältigen
Individuelle Ebene Resilienz als psychosoziale Ressource zur Bewältigung von Belastungsfaktoren	Kompetenzen entwickeln, Stresssituationen zu reflektieren und angemessen auf sie zu reagieren (z. B. Selbstregulation, Stressbewältigung)	Kompetenzen zur Problemlösung entwickeln und erproben; schulische Angebote mitgestalten (→ Selbstwirksamkeit)
Kollektive Ebene Resilienz als Ressource von Gruppen, Institutionen und sozialen Systemen zur Krisenbewältigung	Unterrichtsformen und -inhalte, die bei der Entwicklung adaptiver Resilienzmechanismen unterstützen (z. B. Umgang mit Gefühlen)	Lokale Behörden ermöglichen Schulprojekte für nachhaltigen öko-sozialen Wandel in der Gemeinde (→ kollektive Wirksamkeit)

Das Schema ist als praxisorientiertes Hilfsmodell zur Entwicklung von Resilienzplänen für verschiedene Ebenen der Gesellschaft und verschiedene Bereiche des Zusammenlebens zu verstehen. Die einzelnen Felder sind eng miteinander verbunden, die Inhalte der Felder sollten immer in Bezug zueinander gesehen werden. **Copyright:** Psychologists for Future (Lizenz: CC BY-SA)

che Ressourcen finden sich wiederum auf der biologischen, sozialen und psychischen Ebene. Dabei ist zwischen relativ stabilen Schutzfaktoren (z. B. Familienkonstellation, genetische Disposition) und dynamischeren Resilienzmechanismen zu unterscheiden [18]. In der Arbeit mit jungen Menschen sind v.a. solche **psychosozialen Resilienzmechanismen** von Interesse, die durch Lernen veränderbar sind [32] und in Krisen auch Entwicklungschancen eröffnen.

Mit Blick auf die historische Dimension der Klimakrise unterscheiden wir eine **adaptive und eine transformationale Dimension** von Resilienz, sowohl auf der individuellen Ebene als auch auf der Ebene von Gruppen und Systemen [27, 33] (Abb.). Denn das Anthropozän mit seinen menschengemachten Umweltkrisen erfordert eine doppelte Resilienzanstrengung:

- erstens, angesichts der bereits auftretenden Krisen gesund zu bleiben (adaptive Resilienz), und
- zweitens, sich an gesellschaftlichen Transformationsprozessen zu beteiligen und diese bewältigen zu können (transformationale Resilienz).

Neben individuellen Resilienzmechanismen, wie z. B. emotionalen und sozialen Kompetenzen sowie Selbstwirksamkeitsüberzeugungen, werden kollektive Resilienzfaktoren, wie etwa eine verbesserte (gesundheitliche) Versorgungsinfrastruktur (z. B. [26]) und Möglichkeiten zu Partizipation und politischer Teilhabe, wichtige Bausteine zur Gesunderhaltung der Bevölkerung sein (vgl. z. B. [9]). Wie entscheidend solche Faktoren auf der Systemebene sind, zeigen die Auswirkungen der Corona-Pandemie, z. B. auf die Gesundheitsversorgung oder das Bildungssystem, sehr deutlich.

Für Kinder und Jugendliche ist v.a. ein **resilientes *und* resilienzförderndes Bildungssystem** essenziell: So sollten Schulen so ausgestattet und konzipiert sein, dass sie auch in Krisenzeiten ihren Aufgaben nachkommen können. Gleichzeitig sollten sie sich stärker zu Orten entwickeln, an denen psychosoziale Resilienzmechanismen gezielt gestärkt werden (vgl. [33]; Abb. 1) und transformationales Lernen stattfindet [15]; sei es z. B. durch die Förderung von Reflexionsfähigkeiten und Handlungskompetenzen oder durch konkrete Partizipationsangebote, die individuelle und kollektive Wirksamkeitserfahrungen ermöglichen [30]. Gelingt zudem der Transfer aus dem schulischen in den gesamtgesellschaftlichen Kontext, können Bildungseinrichtungen zu entscheidenden Institutionen zur Eindämmung der Klimakrise und anderer ökologischer Krisen sowie zur Unterstützung erforderlicher gesellschaftlicher Transformationsprozesse werden.

Katharina van Bronswijk …

… ist als Psychologische Psychotherapeutin in eigener Praxis niedergelassen. Sie ist bei Psychologists for Future e.V. engagiert und als Dozentin und Autorin im Bereich Klimapsychologie tätig.

Die Autorin gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dr. Felix Peter …

… Dipl.-Psych., arbeitet als Schulpsychologe in Sachsen-Anhalt. Er ist Mitglied im Presse-Team der Psy4F (Psychologists for Future), in der Arbeitsgruppe „Psychologie & Klima" im Berufsverband Deutscher Psychologinnen und Psychologen (BDP) sowie in der Expert Reference Group „European Psychology and Climate Change" der European Federation of Psychologists' Associations (EFPA).

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für Rückfragen:
bildung@psychologistsforfuture.org

Literatur

1 Akachi Y, Goodman D, Parker D. Global Climate Change and Child Health: A review of pathways, impacts and measures to improve the evidence base. Innocenti Discussion Paper 2009; No. IDP 2009-03. Florence: UNICEF Innocenti Research Centre

2 an der Heiden M, Buchholz U, Uphoff H. Schätzung der Zahl hitzebedingter Sterbefälle und Betrachtung der Exzess-Mortalität; Berlin und Hessen, Sommer 2018. Epidemiologisches Bulletin 2019; 23/2019: 193–197

3 Bartlett S. Climate change and urban children: Impacts and implications for adaptation in low- and middle-income countries. Environment and Urbanization 2008; 20(2): 501–519

4 BPtK (Bundespsychotherapeutenkammer). Studie: Ein Jahr nach der Reform der Psychotherapie-Richtlinie. Wartezeiten 2018. 2018. Verfügbar unter: https://www.bptk.de/wp-content/uploads/2019/01/20180411_bptk_studie_wartezeiten_2018.pdf; aufgerufen am 4.4.2022

5 Brakemeier EL, Wirkner J, Knaevelsrud C et al. Die COVID-19-Pandemie als Herausforderung für die psychische Gesundheit. Erkenntnisse und Implikationen für die Forschung und Praxis aus Sicht der Klinischen Psychologie und Psychotherapie. Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie 2020; 49: 1–31

6 Büntgen U, Urban O, Krusic PJ. Recent European drought extremes beyond Common Era background variability. Nature Geoscience 2021; 14: 190–196

7 Carlson CJ, Albery GF, Merow C et al. Climate change will drive novel cross-species viral transmission. BioRxiv 2020; 2020.01.24.918755h

8 Clayton S. Climate anxiety: Psychological responses to climate change. Journal of Anxiety Disorders 2020; 74: 102263

9 Clayton S, Manning C, College M, Krygsman K, Speiser M. Mental Health and Our Changing Climate: Impacts, Implications, and Guidance. Washington, D.C.: American Psychological Association, and ecoAmerica. 2017

10 DPtV (Deutsche Psychotherapeuten Vereinigung). UMFRAGE – Patientenanfragen während der Corona-Pandemie. Februar 2021. Verfügbar unter: https://www.dptv.de/fileadmin/Redaktion/Bilder_und_Dokumente/Wissensdatenbank_oeffentlich/Umfragen/DPtV_Umfrage_Corona-Patientenanfragen_Februar_2021.pdf; aufgerufen am 3.4.2022

11 Fritsche I, Barth M, Reese G. Klimaschutz als kollektives Handeln. Die psychologische Forschung zur Rolle sozialer Identität. In: Dohm L, Peter F, van Bronswijk K (Hrsg.), Climate Action – Psychologie der Klimakrise. Handlungshemmnisse und Handlungsmöglichkeiten (S. 229–250). 2021. Psychosozial-Verlag.

12 Fröhlich-Gildhoff K, Rönnau-Böse M. Resilienz. Stuttgart: utb/Reinhardt; 2015

13 Gilles-Stein S, Traidl-Hoffmann C. Führt der Klimawandel zu einer Zunahme von Pollenallergien in Deutschland? Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis 2017; 01/2017: 6–10

14 Grund J, Brock A. Why We Should Empty Pandora's Box to Create a Sustainable Future: Hope, Sustainability and Its Implications for Education. Sustainability 2019; 11(3): 893

15 Heitfeld M, Reif A. Transformation gestalten lernen. Mit Bildung und transformativem Engagement gesellschaftliche Strukturen verändern. Germanwatch e.V. 2020

16 Hickman C, Marks E, Pihkala P et al. Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: A global survey. The Lancet Planetary Health, 5(12), e863–e873. 2021

17 IFRC. Responding to Disasters and Displacement in a Changing Climate: Case Studies. Asia Pacific National Societies in Action. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies 2020. Verfügbar unter: https://www.rcrc-resilience-southeastasia.org/wp-content/uploads/2021/03/16032021-Responding-to-Disasters-and-Displacement-in-a-Changing-Climate-final.pdf; aufgerufen am 22.04.2022

18 Kalisch R, Baker DG, Basten U et al. The resilience framework as a strategy to combat stress-related disorders. Nature Human Behaviour 2017; 1(11): 784–790

19 Kaur R. Threats of Air Pollution on Children. International Journal of All Research Education and Scientific Methods 2020; 8(12): 451–455

20 Langmeyer-Tornier A, Guglhör-Rudan A, Naab T, Urlen M, Winklhofer U. Kind sein in Zeiten von Corona. Ergebnisbericht zur Situation von Kindern während des Lockdowns im Frühjahr 2020. Deutsches Jugendinstitut 2020

21 Lob-Corzilius T. Klimawandel und Gesundheit. Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis 2015; 01/2015: 26–28

22 Lob-Corzilius T. Die Luftschadstoffe Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon beeinflussen deutlich die Kindergesundheit – Teil 1. Kinder- und Jugendarzt 2021; 52(3/21): 153–162

23 McMichael AJ, Campbell-Lendrum D, Kovats S et al. Global climate change. In: Ezzati M, Lopez A, Rodgers A, Murray C (Hrsg.). Comparative quantification of health risks: Global and regional burden of disease due to selected major risk factors (S. 1543–1649). World Health Organization 2004.

24 Mertes H, Schoierer J, Lob-Corzilius T, S Böse-O'Reilly. Zwischenbericht: Bildungsmodule für Kinder- und Jugendärzte – Gesundheitliche Folgen des Klimawandels. Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis 2019; 03/2019: 30–32

25 Nach der Flut suchen immer mehr Betroffene psychologische Hilfe. Deutsches Ärzteblatt. 13.09.2021. https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/127218/Nach-der-Flut-suchen-immer-mehr-Betroffene-psychologische-Hilfe

26 Newnham EA, Titov N, McEvoy P. Preparing mental health systems for climate crisis. The Lancet Planetary Health 2020; 4(3): e89–e90

27 Niessen P, Peter F, Kantrowitsch V. Klimaresilienz aufbauen. Ein Vier-Felder-Schema zur Entwicklung praktischer Handlungsoptionen in der Klimakrise. report psychologie, 2021; 46(10/2021), 34–38.

28 Ogunbode, CA. Climate anxiety, pro-environmental action and wellbeing: antecedents and outcomes of negative emotional responses to climate change in 28 countries. Preprint under review. 20.01.2022

29 Oudin A, Bråbäck L, Åström DO, Strömgren M, Forsberg B. Association between neighbourhood air pollution concentrations and dispensed medication for psychiatric disorders in a large longitudinal cohort of Swedish children and adolescents. BMJ Open 2016; 6(6): e010004

30 Peter F, Kantrowitsch V. Psychologische Grundlagen schulischer Nachhaltigkeitsbildung. Menschenbilder, psychische Mechanismen und Schulen als Resilienz-Zentren. Handbuch der Schulberatung, 9/2021; 1-32 (Abschnitt 5.6.10).

31 Peter F, MacIntyre S, Aufhammer F, Avci-Werning M. Schulen in der Pandemie – Resilienz als Bildungsziel. Warum wir die Widerstandskräfte von Schulen stärker in den Blick nehmen müssen. report psychologie 2021a; 4/2021: 8–11

32 Peter F, Petermann D. Kinder und Jugendliche als Risikogruppe in der Klimakrise. Umwelt- und Klimaveränderungen in der Interaktion mit sensiblen Entwicklungsphasen. In: Scherer M, Berghold J, Hierdeis H (Hrsg.) Klimakrise und Gesundheit. Zu den Risiken einer menschengemachten Dynamik für Leib und Seele (S. 159–178). 2021. Göttungen: Vandenhoeck & Ruprecht.

33 Peter F, van Bronswijk K, Rodenstein B. Facetten der Klimaangst. Psychologische Grundlagen der Entwicklung eines handlungsleitenden Klimabewusstseins. In: Rieken B, Popp R, Raile P (Hrsg.). Eco-anxiety – Zukunftsangst und Klimawandel. Interdisziplinäre Zugänge (S. 161–183). 2021b. Münster: Waxmann.

34 Perera FP, Tang D, Wang S et al. Prenatal Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Exposure and Child Behavior at Age 6–7 Years. Environmental Health Perspectives 2012; 120(6): 921–926

35 Pihkala P. Climate Anxiety. MIELI Mental Health Finland; 2019

36 Pihkala P. Eco-Anxiety and Environmental Education. Sustainability 2020; 12(23): 10149

37 Psy4F. Unterstützung für Engagierte. Psychologists/Psychotherapists for Future. 2021; verfügbar unter: https://www.psychologistsforfuture.org/unterstuetzung-fuer-engagierte; aufgerufen am 22.04.2022

38 Ravens-Sieberer U, Kaman A, Erhart M et al. Quality of Life and Mental Health in Children and Adolescents during the First Year of the COVID-19 Pandemic in Germany: Results of a Two-Wave Nationally Representative Study (SSRN Scholarly Paper ID 3798710). Social Science Research Network. 2021

39 Ravens-Sieberer U, Kaman A, Otto C et al. Seelische Gesundheit und psychische Belastungen von Kindern und Jugendlichen in der ersten Welle der COVID-19-Pandemie – Ergebnisse der COPSY-Studie. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz. 2021

40 Ravens-Sieberer U, Erhart M, Devine J et al. Child and Adolescent Mental Health During the COVID-19 Pandemic: Results of the Three-Wave Longitudinal COPSY Study (SSRN Scholarly Paper ID 4024489). Social Science Research Network. 2022

41 Sanson AV, Hoorn JV, Burke SEL. Responding to the Impacts of the Climate Crisis on Children and Youth. Child Development Perspectives 2019; 13(4): 201–207

42 Schwalm CR, Glendon S, Duffy PB. RCP8.5 tracks cumulative CO_2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences 2020; 117(33), 19656–19657

43 Stanley SK, Hogg TL, Leviston Z, Walker I. From anger to action: Differential impacts of eco-anxiety, eco-depression, and eco-anger on climate action and wellbeing. J Climate Change and Health 2021; 1: 100003

44 Tibbetts JH. Air Quality and Climate Change: A Delicate Balance. Environmental Health Perspectives 2015; 123(6): A148–A153

45 Uutela A. Economic crisis and mental health. Current Opinion in Psychiatry 2010; 23(2): 127–130

46 van Prooijen J-W, Douglas KM. Conspiracy theories as part of history: The role of societal crisis situations. Memory Studies 2017; 10(3): 323–333

47 van Susteren L, Al-Delaimy WK. Psychological Impacts of Climate Change and Recommendations. In: Al-Delaimy WK, Ramanathan V, Sánchez Sorondo M (Hrsg.) Health of People, Health of Planet and Our Responsibility: Climate Change, Air Pollution and Health. Springer International Publishing. 2020: 177–192

48 Wilson RS, Herziger A, Hamilton M, Brooks JS. From incremental to transformative adaptation in individual responses to climate-exacerbated hazards. Nature Climate Change 2020; 10(3): 200–208

49 Whitcomb I. Therapists Are Reckoning With Climate Change and Eco-Anxiety. Gizmodo. 2021, April 15. Verfügbar unter: https://gizmodo.com/therapists-are-reckoning-with-eco-anxiety-1846686112; aufgerufen am 22.04.2022

50 Wullenkord MC, Tröger J, Hamann KRS et al. Anxiety and climate change: a validation of the Climate Anxiety Scale in a German-speaking quota sample and an investigation of psychological correlates. Climatic Change 2021; 168: 20

51 Zech B. Kämpfen ohne Ende. Wie die Psychologists for Future junge Klimaaktive unterstützen. Praxis Schulpsychologie 2021; 26: 10

Planetary Health Diet Global denken, lokal handeln: Aber wie?

Die EAT-Lancet-Kommission hat im Januar 2019 die „Planetary Health Diet“ vorgestellt [3, 15] und schlägt damit einen allgemeingültigen Referenzrahmen für eine gesunde und umweltgerechte Ernährungsweise vor. Damit unterstreicht sie die kritische Rolle, die die Ernährung sowohl im Hinblick auf die menschliche Gesundheit als auch auf die ökologische Nachhaltigkeit spielt. Während mit der „Planetary Health Diet“ der quantitative Referenzrahmen für eine zukunftsverträgliche Ernährungsweise eindeutig definiert zu sein scheint, bedarf die Antwort auf die Frage nach konkreten Implementierungsmöglichkeiten im lokalen (land-)wirtschaftlichen und kulturellen Kontext der Gesellschaften, in denen wir in Deutschland, Österreich und der Schweiz leben, noch wesentlicher Übersetzungsarbeit – diese Punkte soll der vorliegende Artikel genauer beleuchten.

Sonja Schönberg, Bern

Klimakrise, Gesundheit und Ernährung

Die Art und Weise, wie wir uns ernähren, verbindet die menschliche Gesundheit und die Lebensgrundlagen gegenwärtiger und künftiger Generationen untrennbar miteinander. Beide waren noch nie in der Menschheitsgeschichte so sehr bedroht wie heute [15]. Die Nahrungsmittelproduktion wurde als wichtigster Treiber für globale Umweltveränderungen identifiziert. 40 % aller Landflächen auf der Welt werden landwirtschaftlich genutzt. Die Landwirtschaft ist für 30 % aller globalen Treibhausgasemissionen und 70 % des weltweiten Frischwasserverbrauchs verantwortlich [15].

Lokale Ernährungssysteme und ihre heutzutage starke, globale Vernetzung sind höchst komplexe Funktionseinheiten. Sie unterliegen sowohl ökologischen als auch wirtschaftlichen, sozialen und politischen Interaktionen, über die der vorliegende Beitrag keinesfalls einen vollständigen Überblick geben kann. Er versteht sich vielmehr als offene Reflexion und Plädoyer für die Bestrebung, den differenzierten Diskurs nicht nur zwischen Ernährungswissenschaften, Diätetik und (Ernährungs-) Medizin, sondern zudem mit Fachpersonen sowie Praktikerinnen und Praktikern der Landwirtschaft zu stärken. Wohlweislich der globalen Problematik richtet der Bericht den Fokus auf das lokale Umfeld in Deutschland, Österreich und der Schweiz und möchte damit einen Beitrag dazu leisten, Handlungsfähigkeit und Selbstwirksamkeitszuversicht zu stärken, wenn Fachpersonen und Individuen der Gesellschaft nachhaltige Ernährungssysteme vertreten und nutzen möchten.

Dabei wird der Frage nachgegangen, wie sich Gesundheitsfachpersonen für ganzheitlich nachhaltige und gesunde Ernährungsweisen im Sinne der lokalen Landwirtschaft einsetzen können.

Planetary Health und Nachhaltige Ernährung

„Planetary Health“ und „Planetary Health Diet“

Traditionell basiert die medizinische Wissenschaft auf Systemen innerhalb des menschlichen Körpers. „Planetary Health“ erweitert die Gesundheitsforschung um die externen, natürlichen Systeme, die die menschliche Gesundheit erhalten oder bedrohen [11]. „Planetary Health“ eröffnet damit ein wissenschaftliches Feld, welches die Auswirkungen der durch den Menschen verursachten Störungen der natürlichen Systeme der Erde auf die menschliche Gesundheit beschreibt [9]. Ein Großteil der weltweiten Krankheitslast hängt mit Unterernährung zusammen, welche durch eine unzureichende Aufnahme von Energie, Mikronährstoffen oder bestimmten Lebensmittelgruppen wie Obst, Gemüse, hochwertigen Proteinlieferanten, Nüssen und Samen charakterisiert ist. Die weltweite Krankheitslast wird

zugleich mit Fehlernährung in Verbindung gebracht, welche auf die übermäßige Aufnahme energiedichter und nährstoffarmer Nahrungsmittel zurückzuführen ist. Der weltweite Nahrungsmittelbedarf ist noch nie so schnell gestiegen und die biophysikalischen Bedingungen, die unserem globalen Nahrungsmittelproduktionssystem zugrunde liegen, haben sich noch nie so schnell verändert. Infolgedessen ist die menschliche Gesundheit enorm anfällig für Umweltveränderungen, welche auch den Zugang zu Nahrung beeinträchtigen [9].

Die 2019 von der EAT-Lancet-Kommission veröffentlichte „Planetary Health Diet" ist das Resultat des ersten, umfassenden, wissenschaftlichen Berichts, der beschreibt, wie gesunde Ernährungsweisen aus nachhaltigen Nahrungsmittelsystemen für die projizierte Weltbevölkerung von 10 Milliarden Menschen im Jahr 2050 sichergestellt werden können [15]. Die „Planetary Health Diet" soll als allgemeingültiger, quantitativer Referenzrahmen für eine gesunde und umweltgerechte Ernährungsweise dienen. Die Ernährungsweise ermöglicht eine Einsparung von rund 50 % aller Emissionen und besteht vorrangig aus Obst und Gemüse, Vollkornprodukten, Hülsenfrüchten, Nüssen und Fetten aus ungesättigten Fettsäuren. Fisch und Meeresfrüchte sowie Geflügel werden in sehr geringen Mengen vorgesehen und stärkereiche Gemüsearten wie Kartoffeln und Maniok, Milchprodukte, rotes Fleisch, Zucker und gesättigte Fette sollten eine untergeordnete Rolle in der Ernährung spielen (Abb. 1) [15].

Die Autorinnen und Autoren betonen mehrfach, dass es sich bei der „Planetary Health Diet" um eine quantitative Modellierung einer umwelt- und gesundheitsverträglichen Ernährungsweise handelt, welche sich nicht für die direkte Implementierung in die Praxis eignet. Sie soll vielmehr als universeller, kultur- und produktionssystemübergreifender Rahmen dienen, innerhalb dessen Anpassungen gemäß den lokalen Gegebenheiten erfolgen können. Die in der „Planetary Health Diet" empfohlenen Mengen von Fleisch und Milchprodukten sollten dabei allerdings nicht überschritten werden, da die Reduktion von Lebensmitteln tierischen Ursprungs eine zentrale Rolle bzgl. der Stärkung der Gesundheit sowie der Nachhaltigkeit einnimmt [15].

Nachhaltige Ernährungsweisen – global und abstrakt

Die Anpassung der globalen Ernährungsempfehlungen gemäß der „Planetary Health Diet" in lokale Kontexte bedarf einer grundsätzlichen Auseinandersetzung mit der Frage, wie nachhaltige Ernährungsweisen verstanden werden wollen.

Im vorliegenden Beitrag wird „Nachhaltige Ernährung" im Sinne der Brundtland Kommission (1987) betrachtet, welche eine dauerhaft tragfähige, zukunftsbeständige und enkeltaugliche Entwicklung anstrebt:

„Eine nachhaltige Entwicklung vermag die Bedürfnisse der heutigen Generation zu decken, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zur Befriedigung ihrer eigenen Bedürfnisse zu beeinträchtigen." [4]

Zudem lehnt sich der Beitrag an das Verständnis der Welternährungsorganisation FAO von nachhaltiger Ernährung an:

„Nachhaltige Ernährung ist eine Ernährung mit geringen Umweltauswirkungen, die zur Lebensmittel- und Ernährungssicherheit und zu einem gesunden Leben für heutige und zukünftige Generationen beiträgt. Nachhaltige Ernährung ist schützend und respektvoll gegenüber der biologischen Vielfalt und den Ökosystemen, kulturell akzeptabel, zugänglich, wirtschaftlich fair und erschwinglich, ernährungsphysiologisch angemessen, sicher und gesund und optimiert die natürlichen und menschlichen Ressourcen." [6]

Diese übergreifenden Definitionen sollen als Gesamtvision Orientierung geben; weite Teile der Gesellschaft werden sich angesprochen fühlen. Die Herausforderung derart übergeordneter Definitionen jedoch ist, ein vertieftes Verständnis dafür zu erlangen, was sie – im wahrsten Sinne des Wortes – *in der Tat* bedeuten, also welche konkreten Handlungen aus diesen Überlegungen folgen sollen. Denn diese Definitionen bieten noch keine konkrete Handlungsanleitung zur Lösung, und sie sind so komplex, dass sie es sogar erschweren können, konstruktive Maßnahmen zu identifizieren und umzusetzen. Dabei ist aber zu beachten, dass gerade der „Umgang mit Komplexität" eine der ureigensten Merkmale der Nachhaltigkeitsherausforderungen ist [2]. Es bedarf deshalb einer schrittweisen Annäherung an das, was nachhaltige Ernährung ausmacht. Bestehende Werkzeuge, Methoden und Konzepte nachhaltiger Ernährungsweisen aus allen drei Kapitaldimensionen (Gesellschaft, Wirtschaft, Umwelt) sollten zwischen möglichst vielen Beteiligten gemeinsam untersucht werden (Anmerkung: Mit Kapitaldimensionen ist gemeint: Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt stellen uns soziales, monetäres und ökologisches Kapital zur Verfügung und sollen einen Beitrag zur Gestaltung der nachhaltigen Ernährung leisten). Aus den untersuchten Konzepten dieser Kapitaldimensionen sollen dann diejenigen identifiziert werden, die zur Zielerreichung beitragen, und miteinander kombiniert werden [4].

So ist eine nachhaltige Ernährung als regulative Idee zu betrachten, welche Menschen in die Lage versetzt, gemeinsam Ernährungsmuster zu gestalten, die wirtschaftliche Gerechtigkeit anstreben, soziale Solidarität stärken und natürliche Ressourcen innerhalb der regenerativen Kapazität der Ökosysteme einsetzen.

Nachhaltige Ernährungsweisen – lokal und konkret

Claus Leitzmann und seine Arbeitsgruppe prägen das Verständnis nachhaltiger Ernährung in Deutschland seit den 1970er Jahren [12]. Dabei hat sich bis heute ein ver-

Abbildung 1. The Planetary Health Diet

EAT Lancet Commission 2019 [3, 15]

tieftes Verständnis nachhaltiger Ernährung entwickelt, welches sich nicht nur in den drei klassischen Dimensionen ökonomischer, sozialer und ökologischer Gerechtigkeit bewegt (siehe Anmerkung oben und vgl. [5]). Stattdessen fördere eine ganzheitliche, nachhaltige Ernährung verschiedene Ziele in fünf Dimensionen (Abb. 2) [12]: präventiven Gesundheitsschutz, faire wirtschaftliche Beziehungen, soziale Gerechtigkeit, saubere Luft und Wasser und gesunde Böden sowie genussvolle Esskultur.

Dabei berücksichtigt das Konzept alle Stufen der Lebensmittelversorgungskette: Input-Produktion landwirtschaftlicher Betriebsmittel, landwirtschaftliche Produktion, Lebensmittelverarbeitung, Verteilung, Zubereitung von Mahlzeiten und Abfallentsorgung [13].

Um dem Anspruch gerecht zu werden, Handlungsperspektiven für nachhaltige Ernährungsweisen aufzuzeigen, wurden auf der Basis der fünf Nachhaltigkeitsdimensionen sieben „Grundsätze für eine nachhaltige Ernährung" als praktische, qualitative Handlungsorientierung formuliert: die Bevorzugung pflanzlicher, biologisch produzierter, fair gehandelter, regionaler und saisonaler sowie minimal verarbeiteter Lebensmittel sowie die Berücksichtigung einer ressourcenschonenden Haushaltsführung und genussvollen Esskultur [12]. Alle Prinzipien sind positiv formuliert, da dies gemäß der Autorinnen und Autoren motivierender ist als das Vorschreiben von Einschränkungen [13].

Strategische Entwicklung nachhaltiger Ernährungsweisen

Unser Ernährungssystem ist hochkomplex und von der Intaktheit umso komplexerer Ökosysteme abhängig. Um diese Systeme als Ganzes besser zu verstehen, muss der Wissenschaft sowie den Gesellschaften ein Paradigmenwechsel gelingen. Die Fragmentierung von Disziplinen, die Verteidigung von Rollen sowie die Idee der Menschen als Herrschende über alles andere Leben auf der Welt sind kontraproduktiv und müssen verlassen werden. Die natürliche Welt und das Leben, das uns umgibt, müssen als Allgemeingut und Mitwelt verstanden werden, von denen die Gesundheit und das Überleben jedes Kindes abhängt, das heute geboren wird [14].

In Anlehnung an das Begriffsfeld von Teil und Ganzem, wie es bereits von Leibniz und Aristoteles verstanden wurde, gilt es somit, das komplexe Ernährungssystem als mehr als die Summe seiner Einzelteile und stattdessen als komplexes und dynamisches Netz unzähliger, miteinander in Wechselwirkung stehender Teile anzuerkennen [8]. Keines der einzelnen Elemente darin kann verändert werden, ohne dass sich das Ganze verändert. So müssen Ressourcen, Menschen, Kapital und ihre jeweiligen Interaktionen gemeinsam betrachtet werden. Wenn wir Nachhaltigkeit im Ernährungssystem ernst meinen, genügt es nicht, einzelne Elemente im System symptomatisch zu manipulieren und sie mit den aktuellen Schlagworten der Nachhaltigkeit zu betiteln [2]. Es bedarf einer gemeinsamen Sprache, welche ermöglicht, eine Ernährungsvision für die Zukunft sowie die gezielten, strategischen Maßnahmen zu identifizieren, welche den zukünftigen Zustand nachhaltiger Ernährungssysteme ermöglichen. Erst diese gemeinsame Sprache befähigt die verschiedenen Sektoren im Ernährungssystem zur koordinierten Zusammenarbeit über die verschiedenen Systemelemente hinweg und verhindert, dass neue Probleme für andere entstehen, während Probleme für den jeweils eigenen Sektor vermieden werden.

In diesem Kontext ist Nachhaltigkeit denn auch nicht *erreichbar*, da es sich weder um einen Zustand des Systems noch um ein zu erreichendes Ziel handelt. Nachhaltigkeit ist vielmehr das Ideal eines fortlaufenden Prozesses in einem System, der als tägliche Arbeitsaufgabe zu betrachten ist [2].

Fleisch in aller Munde

Wie viele Tiere sind nötig, um nachhaltig Gemüse zu produzieren?

Gemäß den Autorinnen und Autoren soll die „Planetary Health Diet" an lokalspezifische Produktionssysteme und Kulturen angepasst werden. Jedoch sollten die Mengen der empfohlenen Fleisch- und Milchprodukte zugunsten der menschlichen Gesundheit und Umweltverträglichkeit nicht überschritten werden [15].

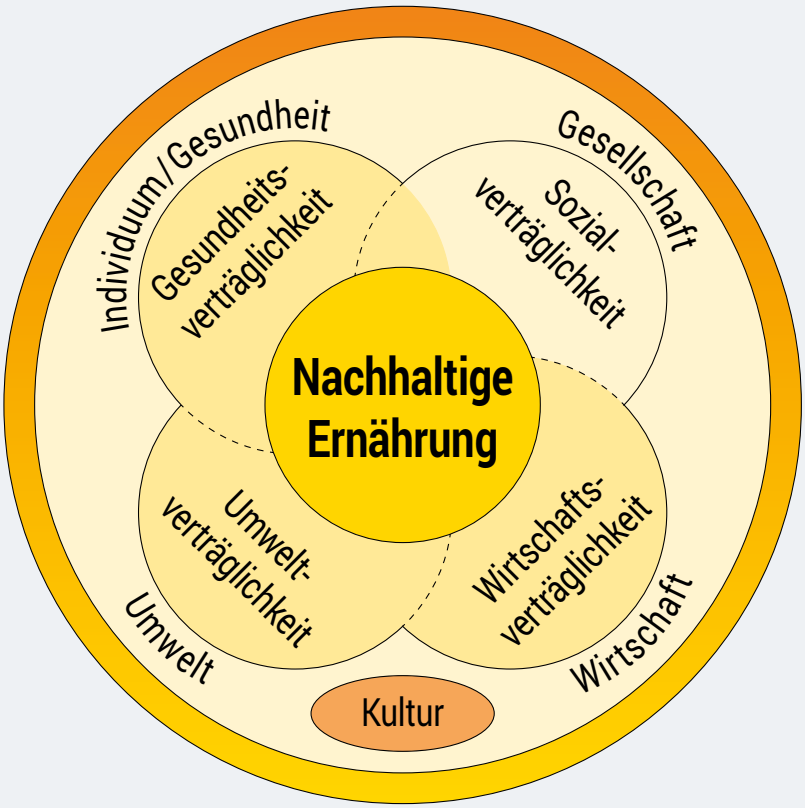
Eine qualitative Befragung verschiedener Akteurinnen und Akteure im Ernährungssystem des Oberengadins in der Schweiz zu eben dieser Empfehlung wirft Fragen auf: Die Bevorzugung von Geflügelfleisch gegenüber Rindfleisch, die geringen Mengen Käse sowie die Betonung von Hülsenfrüchten als Proteinquelle ist insbesondere für die befragten Landwirtinnen und Landwirte sowie lokale Metzgereien im Alpenraum kaum nachvollziehbar [10]. Die landwirtschaftliche Nutzfläche in der Schweiz spricht mit 65 % Grasland für eine graslandbasierte Landwirtschaft mit Raufutterverzehrern. Auch die aktuellen, klimatischen Bedingungen sowie das gute Graswachstum sind ideale Voraussetzungen für eine umfassende und effiziente Bewirtschaftung dieser Flächen mit vorrangig Wiederkäuern [7]. Diese können die für den Menschen nicht nutzbaren Nährstoffe der artenreichen Wiesen zu ernährungsphysiologisch hochwertigen, proteinreichen Nahrungsmitteln „veredeln". Graslandbasierte Landwirtschaft hält im Oberengadin Flächen offen und trägt so positiv zum Landschaftsbild und damit zur touristischen Attraktivität der Region bei [7].

Im Talgebiet der Schweiz kann Dank topografischer Voraussetzungen einfacher Ackerbau betrieben werden. Jedoch stellt sich auch hier die Frage, wie viele Tiere ein Hof halten muss, um pflanzliche Lebensmittel ohne den Zukauf von Kunstdünger zu produzieren. Und vor allem: Wie viele Landwirtschaftsbetriebe existieren überhaupt noch, die sich nicht auf einen einzigen Betriebszweig spezialisiert haben, um überleben zu können?

Die Arbeitsgruppe rund um Leitzmann betont auch aus diesem Grund die Notwendigkeit einer holistischen Betrachtungsweise der komplexen Ernährungssysteme entlang der mannigfaltigen Dimensionen der Wertschöpfungskette. Dazu zähle auch zu erkennen, dass die Vorteile und die hohe Qualität nachhaltiger Produkte nicht umsonst erhältlich seien. Lebensmittel dürften nicht weiter derart billig angeboten, sondern müssten im Gesamtkontext ihrer wirtschaftlichen, gesundheitlichen und ökologischen Bedeutung betrachtet werden. So schlägt das Konzept beispielsweise vor, höhere Preise für Lebensmittel aus fairer und biologischer Produktion zugunsten einer ganzheitlich nachhaltigeren Ernährungsweise als Konsens zu etablieren [12].

Bleibt noch die Fleischfrage: Müssten nicht vielmehr Nachhaltigkeitsanalysen berechnet werden, welche „vom Tier her" denken? Könnte dann die Frage lauten, wie viel Fleisch standortgerecht produziert werden kann, sodass das Ökosystem als Ganzes in der Lage ist, sich Jahr um Jahr regenerativ

Abbildung 2. Dimensionen einer nachhaltigen Ernährung*



nach v. Koerber et al. 2012; v. Koerber 2014; v. Koerber 2020; mit freundlicher Genehmigung der BZfE-Fachzeitschrift Ernährung im Fokus (http://www.ernaehrung-im-fokus.de/)

zu erhalten? Die Antwort auf diese Frage gäbe sodann auch vor, welche Nutztierrassen auf welchen Flächen in welcher Menge eingesetzt werden könnten und daraus ergäbe sich wiederum ein „Budget" an Fleisch, Milch und daraus gewonnenen weiteren Lebensmitteln, die jede Person verzehren könnte.

Bis diese Erkenntnisse vorliegen, könnten politische Maßnahmen angestrebt werden, um die Empfehlungen der Ernährungsgesellschaften in Deutschland, Österreich und der Schweiz im Außerhaus-Konsum umzusetzen. So würden fairere Verhältnisse in den Ernährungsumgebungen in der Gemeinschaftsverpflegung von Kantinen, Krankenhäusern und anderen öffentlichen Einrichtungen geschaffen.

Konsumentinnen und Konsumenten könnten in der Zwischenzeit regional unabhängig einen wesentlichen Beitrag leisten, indem sie ihr Konsumverhalten in Bezug auf tierische Lebensmittel in einem ersten Schritt an den Empfehlungen der nationalen Ernährungsgesellschaften in Deutschland, Österreich und der Schweiz ausrichten.

Landwirt-schaf(f)t Zukunft

Treuhänder unserer Erde und unserer Mittel zum Leben

Es gibt in Deutschland, Österreich, der Schweiz und international großartige Landwirtinnen und Landwirte, welche Landwirtschaft seit jeher als dynamische Interaktion zwischen allem Lebendigen verstehen. Diese Bäuerinnen und Bauern haben möglicherweise noch nie etwas von der „Planetary Health Diet" gehört. Jedoch setzen sie seit eh und je Produktionsmethoden ein, welche sogar darüber hinaus Lebensmittel im Sinne einer regelrechten „local ecosystem health diet" herstellen. Sie sind es auch, die sich für mehr Biodiversität, mehr wirtschaftliche Unabhängigkeit, mehr kleinbäuerliche Familienbetriebe, mehr Solidarität unter den Landwirtinnen und Landwirten, mehr Bodenschutz, mehr standortgerechte, ethische und ökologische Tierproduktion, für die Rückkehr zum Sonntagsbraten und Hochhaltung von Grenzen des Wachstums sowie Suffizienz einsetzen – mit Herz, Kopf und Hand. Der Preis für ihre Produkte ist kostendeckend, geradlinig und ehrlich. Wie kann es gelingen, diese Strukturen zu unterstützen?

Es ist nicht haltbar, als Gesundheitsfachperson „einfach" mehr Geflügel zu empfehlen, ohne die Hybridrassen-Problematik einzubeziehen, „einfach" für weniger Rindfleisch zu plädieren, ohne zwischen graslandbasierter und konventioneller Haltung zu unterscheiden und „einfach" den vermehrten Verzehr pflanzenbasierter Produkte zu betonen, ohne die individuellen Kochkompetenzen zu bedenken und die gesundheitlich sowie ökologisch teilweise fraglichen Convenience-Produkte zu verstehen.

Wenn nachhaltige Ernährung bedeutet, alle Teile des Systems mit einzubeziehen, sollten wir landwirtschaftliche Betriebe suchen, welche standortangepasst produzieren und einen Sinn für das Ganze haben: Diejenigen, die Boden, Pflanzen, Tiere und Menschen als Teil eines großen Kreislaufs verstehen, in dem alle aufeinander angewiesen sind und sich gegenseitig unterstützen. Diejenigen, die alle Teilbereiche bewusst und passend zur Identität ihres Hofs gestalten und die uns genau sagen können, wie viele Tiere sie benötigen, damit sie keinen Dünger für den Anbau ihres Gemüses benötigen.

Das klingt anthroposophisch? Ist es auch. Doch was ist falsch an einem Verständnis der Welt, welches sich auch mit der „Wissenschaft des Guten", der „Kenntnis der natürlichen Dinge" und der „Klugheit in menschlichen Angelegenheiten" übersetzen lässt [1]? Vielleicht ist diese Betrachtung der Welt, von deren Intaktheit unser menschliches Überleben abhängt, eben genau derjenige Geist, welchen wir in Wissenschaft und Politik zuweilen vermissen, um die Welt um uns als Mitwelt zu begreifen. Bedeutet ein ganzheitliches Nachhaltigkeitsverständnis denn nicht auch das Hochloben von Diversität, um gemeinsam eine Welt zu gestalten, welche uns in unseren Werten vereint?

Sonja Schönberg, …

… MSc, hat einen Hintergrund in Ernährungswissenschaft und -beratung. An der Berner Fachhochschule ist S. Schönberg an der Ausbildung der zukünftigen Ernährungsberaterinnen und -berater, BSc, sowie an verschiedenen Forschungsprojekten beteiligt. Der fachliche Fokus richtet sich auf die Themenfelder Nachhaltige Ernährungsweisen und Planetary Health. Sie leitet die Fachgruppe Nachhaltige Ernährungsweisen des Schweizerischen Verbands der Ernährungsberater*innen, SVDE, und ist u.a. Mitglied der Deutschen Allianz Klimawandel und Gesundheit, KLUG.

sonja.schoenberg@bfh.ch

Die Autorin gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1 Anthroposophische Gesellschaft in der Schweiz (2021): Mehr zum Begriff Anthroposophie – Anthroposophie Schweiz. Verfügbar unter: https://www.anthroposophie.ch/de/anthroposophie/themen/artikel/was-ist-anthroposophie/mehr-zum-begriff-anthroposophie.html; aufgerufen am 16.1.2021

2 Broman GI, Robèrt K-H. A framework for strategic sustainable development. In Journal of Cleaner Production 2017; 140: 17–31

3 EAT Lancet Commission. Diets-for-a-Better-Future_G20_National-Dietary-Guidelines. 2019

4 education21. Positionspapier Fachkonferenz Umweltbildung. 2012. Verfügbar unter: https://www.education21.ch/de/bne/zugaenge/umweltbildung; aufgerufen am 30.12.2020

5 education 21. Nachhaltige Entwicklung Modelle – Beilage umweltbildung.ch Nr. 1/2012. Publikationsorgan der Stiftung Umweltbildung Schweiz (SUB) Verfügbar unter: https://www.education21.ch/sites/default/files/uploads/pdf-d/BNE-Artikel_Umweltbildung-ch_2012-2.pdf)

6 FAO. Sustainable diets and Biodiversity – Directions and solutions for policy, research and action. 2010

7 Gregis B. Graslandbasierte Milchproduktion in der Schweiz. Präsentation AF 51/55, Input Chästeilet Justistal 21.09.2018. Justistal

8 Kneer G, Schroer M. Handbuch soziologische Theorien. 2013, 1. Aufl. Wiesbaden: Springer VS

9 Planetary Health Alliance. PLANETARY HEALTH. 2020. Verfügbar unter: https://www.planetaryhealthalliance.org/planetary-health; aufgerufen am 30.12.2020

10 Schönberg S. Global Health Diet im Alpenraum? Kontextualisierung der EAT-Lancet Empfehlungen für nachhaltige Kontextualisierung der EAT-Lancet Empfehlungen für nachhaltige Ernährungsweisen in der Schweizer Berglandwirtschaft am Beispiel Engadin. frequenz. Das Magazin des Departements Gesundheit der Berner Fachhochschule 2020

11 The Lancet Planetary Health: a new discipline. 2020. Verfügbar unter: https://www.thelancet.com/infographics/what-is-planetary-health; aufgerufen am 30.12.2020

12 Von Koerber K. Fünf Dimensionen der Nachhaltigen Ernährung. In Ernährung im Fokus. 2014: 260–268. Verfügbar unter: https://cms2016.aoel.org/wp-content/uploads/2016/10/aid_eif_Nachhaltige_Ernaehrung_Koerber_09-2014__Lit.pdf; aufgerufen am 23.12.2020

13 Von Koerber K, Bader N, Leitzmann C. Wholesome Nutrition: an example for a sustainable diet. In The Proceedings of the Nutrition Society 2017; 76 (1): 34–41

14 Watts N, Amann M, Arnell N et al. The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. The Lancet 2019; 394 (10211): 1836–1878

15 Willett W, Rockström J, Loken B et al. Food in the Anthropocene: the EAT – Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. The Lancet 2019; 393 (10170): 447–492

Praxis goes green … Aber wie???

Die Schlagzeilen über die Klimakrise kennen wir, die Veränderungen hören und sehen wir, die Auswirkungen spüren wir inzwischen auch sehr hautnah. Und mit der Flutkatastrophe gar nicht weit weg von mir hat es einen Freund und Kinderarzt mit seiner Praxis erwischt, die Bilder vom Schlamm in seiner Praxis und den komplett gefluteten Praxiskeller habe ich gesehen. Freunde in Palmersheim dagegen haben Glück gehabt; die Talsperre hat bis zum Abpumpen gehalten, aber schon im Ort waren andere schlimm betroffen und noch ein kleines Stückchen weiter herrschte tiefstes Unglück! Ich selbst habe dazu eine inzwischen fünffache Enkel-Eigenmotivation, mich auf den Weg zu machen und etwas dazu beizutragen, dass wir, also v. a. unsere Kinder und Enkel ohne Kippeffekte unseres Klimas davonkommen und nicht andauernd mit oben genannten Schreckensszenarien leben müssen. Was also kann ich selbst in meiner Praxis tun, um gegen die weitere Erderwärmung beizutragen?

Hans-Ulrich Umpfenbach, Viersen-Dülken, und Thomas Lob-Corzilius, Osnabrück

Die Folgen unserer individuellen CO_2-Fußabdrücke sind groß …

Die Übersicht des Bundesumweltamts fasst in einer einzigen Grafik die komplexen Veränderungen unseres Klimas und die damit verbundenen Konsequenzen aus meiner Sicht sehr gut zusammen (Abb. 1).

Das ist die aktuelle Situation mit den bereits eingetretenen Veränderungen. Jetzt müssten/müssen wir uns auf den Weg machen, aber wie?

Ich glaube, wir brauchen zuerst ein eigenes Problembewusstsein (emergency alarm) zum Aufbruch. Die Frage: „Wie sehr bin

ich denn selbst mit meinem CO_2-Abdruck, meiner Lebens- und Konsumweise und meiner Sorglosigkeit bezüglich unserer Ressourcen beteiligt?“ muss von jedem für sich selbst beantwortet werden.

Ich habe daher mit dem „individuellen CO_2-Rechner“ (https://uba.co2-rechner.de/de_DE/) des Umwelt-Bundesamts begonnen (vgl. auch „Unsere persönliche Agenda zum Klimaschutz“ https://www.gpau.de/fileadmin/user_upload/GPA/dateien_indiziert/Sonstiges/Paed_Allergologie_2021_1_Umwelt.pdf). Das Ergebnis meiner Angaben war „durchschnittlich“ und entsprach dem Pro-Kopf-Verbrauch in Deutschland von ca. 11 Tonnen pro Jahr! Um das formulierte Klimaziel einer Erwärmung von maximal 1,5°C zu erreichen, liegt die weltweite Vorgabe bei < 1 Tonne/Kopf pro Jahr: Dies zu schaffen ist mehr als eine sehr sportliche Aufgabe. Wie wir als (Groß) Eltern öfter sagen: „Aufgeben gilt nicht!“. Resignation hingegen, also: „Das schaffen wir ja doch nicht!“ ist keine Lösung und fällt als Motivationsfaktor schlicht aus!

Nach der Oxfam-Studie (September 2020; [4]) wissen wir Folgendes (https://bit.ly/3NyhOyw):

- Die reichsten 10 % der Menschheit (630 Mio) haben von 1990–2015 52 % der weltweiten CO_2-Emissionen verursacht.
- In Deutschland sind 8,3 Mio Menschen für 26 % der deutschen Emissionen verantwortlich.
- Der ärmere Bevölkerungsanteil (41,9 Mio) hat 29 % der CO_2-Fraktion verursacht.
- Individuelles Alltagsleben und Konsumverhalten summieren sich klimakritisch auf!
- 70 % der Treibgasemissionen im Gebäudebereich und > 60 % der Verkehrsemissionen werden durch die privaten Haushalte verursacht.

Der Blick auf den aktuellen Stand der regenerativen Energieentwicklung zeigt ein weiteres Problem: Nach Angaben von Strom-Report (https://www.strom-report.de) verteilt sich die Stromgewinnung wie folgt (Daten vom Fraunhofer ISE; Stand 2021; [1]):

- Wasserkraft: 3,7 % = 18 Terrawattstunden im Jahr 2020
- Windkraft: 27 % = 132 Terrawattstunden im Jahr 2020
- Photovoltaik: 10,4 % = 51 Terrawattstunden im Jahr 2020

Damit erzielen wir in Deutschland also erst ca. 40 % Stromproduktion regenerativ. Für den aktuellen Stand im Bereich der Privathaushalte gilt: Nur 23 % der deutschen Haushalte verfügen über Energiewendetechnologien (Wärmepumpen, Kraftwärmekopplung, Photovoltaik, erneuerbare Energien, E-KFZ).

Nach der Erkenntnis, dass ich tatsächlich erheblicher CO_2-Produzent bin, folgt die Analyse, wo, womit und v. a., was ich daran ändern könnte. Das braucht ein wenig Zeit, weil hier differenziert werden muss zwischen Arztpraxis und privatem Alltag sowie zwischen schnell umsetzbaren, kostengünstigen oder gar kostenneutralen bis hin zu langfristigen Maßnahmen mit Renovierung, Sanierung, Neubau mit entsprechenden Möglichkeiten und Kosten.

Was kann ICH, was können WIR, was können SIE tun?

Zu den Möglichkeiten der CO_2-Reduktion gibt es inzwischen viele Informationen, teilweise auch finanzielle Unterstützung und konkrete Tipps, wo man sich Rat holen kann. Wir betrachten in diesem Artikel primär die Situation in der Kinderarztpraxis, Sie sind als Leserin oder Leser aber herzlich eingeladen, gleichzeitig zu überlegen, was Sie ggf. auch in Ihrem Privatbereich ändern und umstellen könnten.

Energieversorgung und Energieverbrauch

Für diesen Bereich gibt es folgende Möglichkeiten:

- Umstellung auf Ökostrom: Günstiger als man denkt, Preisvergleich sinnvoll (Verivox.de, check24.de o.ä.): **Sofort möglich**.
- Energiesparen durch Lüften/Heizen (ggf. Temperatursenkung, Stoßlüftung; intelligente Heizungsthermostate, WLAN-gesteuert, programmierbar, Kosten überschaubar: **Sofort möglich**
- Beleuchtung: Austausch konventioneller gegen LED-Leuchtmittel, Zeitschaltuhren, Licht ausschalten, wenn immer möglich, Ausschaltung über Standby-Funktionen, wenn nicht nötig; kostengünstig und kostensparend im Verlauf: **Sofort möglich**
- Geräteaustausch mit Beachtung der Energieeffizienz (alle Geräte: PC, Drucker, Medizintechnik, Waage bis zur Waschmaschine): **Mittel- bis langfristig möglich**
- Strom-Eigenproduktion möglich? (Photovoltaik): **Mittel- bis langfristig möglich** (s. unten)

Zu beachten bei der **Beleuchtung**: Unterschieden werden Lux als Maß der Beleuchtungsstärke und Kelvin als Maß der Farbtemperatur. Auf der Webseite „Wir sind heller“ findet sich folgende Empfehlung für die Praxisbeleuchtung [7]: „Behandlungsräume brauchen eine gute Ausleuchtung und wenig Schattenbildung. Einfache Untersuchungen benötigen 300 Lux, einfache Behandlungen um die 500 Lux. Verwenden Sie 4000 Kelvin, um den Raum nicht zu kühl wirken zu lassen. Im zahnärztlichen Bereich werden allerdings gerne kühlere Lichtfarben eingesetzt (5000 Kelvin aufwärts). Dies erreichen Sie mit LED-Panels – achten Sie bei der Platzierung darauf, dass ein Patient nicht direkt in die Leuchten blicken muss. Über den Arbeitstischen können Linienleuchten eingesetzt werden, um auch hier gezielt ein gutes Arbeitslicht zur Verfügung zu stellen“.

Praxis-Einkauf

Für den Praxisbedarf sind regelmäßig zahlreiche Produkte in teilweise größeren Mengen nötig. Daher lohnt es auch in

diesem Bereich, sich um Nachhaltigkeit und Reduktion der CO_2-Emissionen zu kümmern:

- Partnerschaften: möglich z. B. für Bestellungen für Großpackungen/ Sterilisation/Hausbesuchstaschen und KV-Diensttaschen mit wenig gebrauchten Medikamenten
- Arbeitskleidung CO_2-neutral einkaufen (nachfragen!)
- Blumen saisonal, regional, biologisch: **Sofort möglich**
- Reinigungsmittel: ökologisch und in Nachfüllpackung: **Sofort möglich**
- Ultraschallgele in Nachfüllpackung: **Sofort möglich**
- Handschuhe; Firmenanfrage zu Nachhaltigkeit, z. B. Kimtech, KBC (siehe Links am Ende des Artikels): **Kurzfristig möglich**

Bürobereich und EDV

Zahlreiche Maßnahmen im Bereich des Büros und der EDV-Technik lassen sich schnell und unkompliziert in Richtung nachhaltigeren Wirtschaftens verändern, andere erfordern etwas mehr Zeit oder finanzielle Mittel:

- Recyclingpapier! Papierverbrauch senken: **Sofort möglich**
- Umgang mit Werbesendungen optimieren (abbestellen): **Sofort möglich**
- Postwege prüfen (mehr Mailing in der Praxis, E-Faxe etc.): **Kurzfristig möglich**
- Nachhaltige Beschaffung (Nachfrage bei Bestellungen!): **Sofort** nach Klärung der Bezugsquellen und entstehender Kosten möglich (siehe Links am Ende des Artikels),
- Energieeffizienz der Bürogeräte beachten: **Sofort, mittel- und langfristig möglich**
- Mülltrennung **sofort**, wenn nicht schon passiert.
- Nachhaltigkeit auch beim Arbeiten und Surfen im Internet, z. B. Ecosia als Suchmaschine: **Sofort möglich**
- Posteo oder Ähnliches als E-Mail-Dienst: **Kurzfristig möglich, wenn gewünscht**
- Biohost oder Ähnliches für Webhosting: **Kurzfristig möglich, wenn gewünscht**
- Videokonferenzen und Kommunikation im Netz statt vor Ort, wenn möglich (über die inzwischen bekannten Plattformen (Zoom, MS Teams, Gotomeeting u. a. m.)

Mobilität

Für die Mobilität rund um den Arbeitsplatz Praxis ist es grundsätzlich sinnvoll, die Attraktivität für Fahrrad und ÖPNV für Praxisinhaberin oder Praxisinhaber und die Mitarbeitenden zu erhöhen. Ein Faktor hierfür ist das **E-Bike** für die Mitarbeitenden. Laut ADFC nutzt nur jeder zehnte Deutsche das Fahrrad für den Weg zur Arbeit. E-Bike-Leasing ist ein guter Anreiz, damit mehr Menschen umsatteln – seit 2012 können Arbeitnehmende über entsprechende Anbieter Fahrräder und E-Bikes günstiger leasen.

So funktioniert das E-Bike-Leasing über den Arbeitgeber: Die monatliche Leasing-Rate wird vom Bruttogehalt einbehalten (Gehaltsumwandlung). Dadurch mindert sich das Nettoeinkommen des Arbeitnehmenden nur geringfügig; ein geldwerter Vorteil entsteht. Und dadurch zahlen die Arbeitnehmenden das Bike nicht direkt. Diese Sachleistung muss aber ausgeglichen werden: Für alle seit Anfang 2019 geltenden Leasingverträge werden daher 0,5 % des Bike-Listenpreises monatlich pauschal versteuert (bei älteren Dienstradverträgen 1 %) (Quelle Fa. Bosch; [6]).

Man braucht dann möglichst auch eine oder mehrere (evtl. auch für Patientinnen und Patienten?) E-Bike-Ladestationen (oft reicht eine im Außenbereich gelegene und ggf. abschließbare Steckdose).

Weitere Tipps in Bezug auf Mobilität sind:

- Jobtickets
- Dienstreisen mit der Bahn oder Webmeeting statt Reise
- Patienten zum Praxisbesuch zu Fuß, mit Fahrrad oder ÖPNV einladen
- Fahrradparkplätze, ÖPNV-Anbindung der Praxis bewerben
- Telemedizin?
- Überlegung zur Anschaffung eines E-Fahrzeugs für die Praxis im Bedarfsfall. Hier bräuchten Sie dann eine Wallbox zum Laden; bislang wurden sowohl Fahrzeug als auch Wallbox über die KFW-Bank gefördert, aktuell ist die BAFA-Förderung für Wallboxen (E-Fahrzeuge) ausgelaufen, Etat zurzeit erschöpft. Aber es ist fest davon auszugehen, dass nach Arbeitsaufnahme der neuen Bundesregierung hier neue und weitere Anreize geschaffen werden, so dass sich die Abfrage zu Fördermöglichkeiten dann kurzfristig vor der geplanten Realisation empfiehlt.

Speisenversorgung in der Praxis

In diesem Bereich lassen sich folgende Strukturen ändern:

- Wasserspender mit Gläsern oder recycelten Pappbechern
- Bei größerer Praxis oder im Verbund: eigene Küchenfirma möglich?
- Motivation zu gesunder Ernährung = Gesundheitsschutz und Klimaschutz: pflanzenbasiert, saisonal, regional, biologisch (vgl. „Planetary Health Diet: Global denken, lokal handeln: Aber wie?“, S. 20)

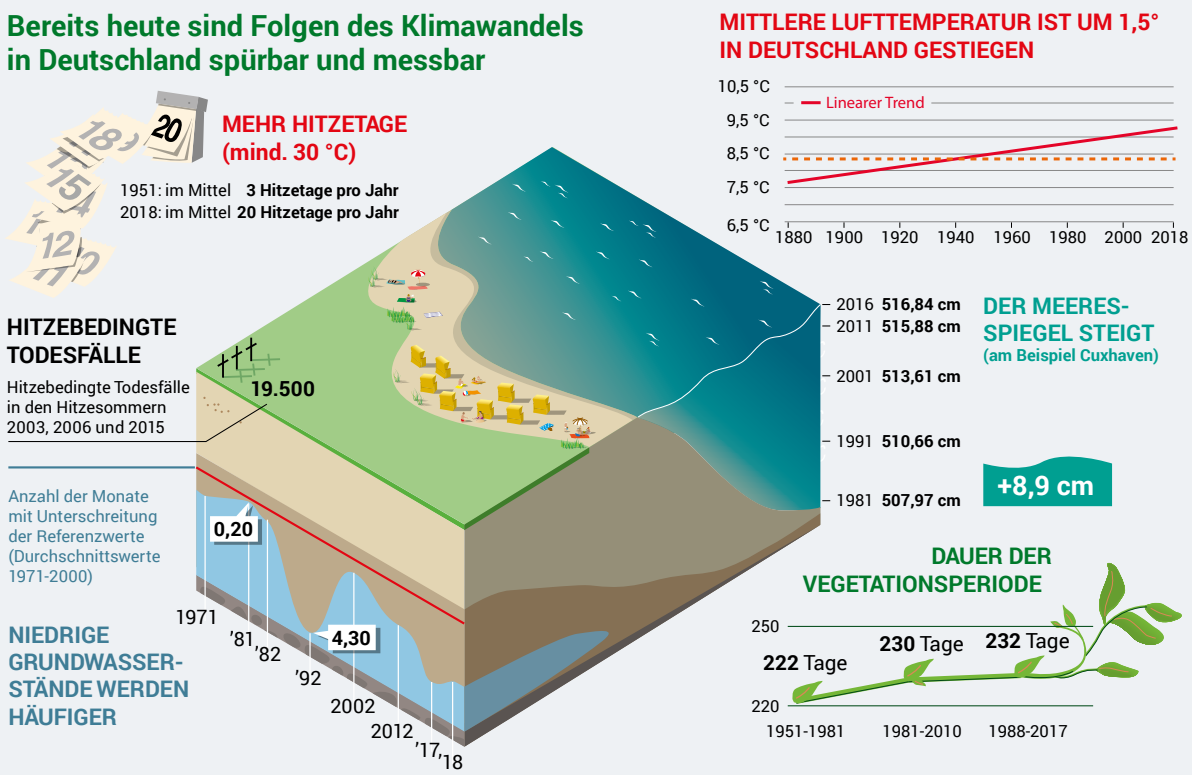
Gemäß des „Planetary Health Food“ sollten Menschen etwa 300 g Gemüse und 200 g Obst am Tag verzehren – zusammen etwa 5 Portionen [8]. Dazu kommen eine große Portion Vollkorngetreide (ca. 200 g), Hülsenfrüchte (75 g) und Nüsse (50 g), außerdem etwa 50 g Fette und Öle, möglichst mit ungesättigten Fettsäuren. Tierische Produkte können moderat gegessen werden: wöchentlich bis zu 1 Portion rotes Fleisch, bis zu 2-mal Hähnchen und Fisch. Außerdem täglich ein Milchprodukt, z. B. ein Glas Milch oder 2 Scheiben harter Käse. Zucker wird drastisch reduziert.

Abfallwirtschaft

Hier steht die Müllvermeidung an erster Stelle; geeignete Maßnahmen sind:

- Mehrweg statt Einweg.

Abbildung 1. Folgen der Erderhitzung in Deutschland



Temperaturzunahme mit deutlich mehr Hitzetagen, konsekutiv mehr Hitzetoten, abnehmenden Grundwasserspiegeln, ansteigender mittlerer Lufttemperatur mit Anstieg des Meeresspiegels und verlängerten und intensivierten Pflanzenblühperioden – mit CO_2 profitierenden Neophyten mit erheblichem allergenem Profil, z. B. Ambrosia, und mehr thermophilen Insekten, z. B. Eichenprozessionsspinner, Zecken und neuen Vektoren für Infektionskrankheiten (Tigermücke, asiatische Mücke) (vgl. „Vektorbedingte Infektionskrankheiten", S. 7). **Quelle:** Umweltbundesamt [12].

- Doppelte Verpackung von Sterilgut ist bei kurzer Lagerung und Transport nicht immer notwendig.
- Mitgebrachtes Handtuch statt Papierunterlage bei Patientinnen und Patienten bewerben.
- Handtücher statt Papierhandtücher oder wenigstens Recyclingpapier? (vgl. unten)
- Rückgabe/Rücknahme von Verpackungsmaterial.

Zusätzliche wichtige Punkte sind Mülltrennung, Recycling, Wasser/Abwasser, Sparventile, Temperaturbegrenzung.

Handtuchbetrachtung

„Stoffhandtuchrollen verursachen bis zu 95 % weniger Abfall, benötigen bis zu 48 % weniger Energie und haben ein bis zu 29 % geringeres Treibhauspotenzial als Frischfaserpapier." So heißt es in einer Mitteilung des Wirtschaftsverbandes Textil Service WIRTEX (rw-textilservice) [5]. Bereits 2006 hatte eine Studie des deutschen Öko-Instituts die hervorragende Umweltbilanz von Stoffhandtüchern belegt [3]. 10 Jahre später wurden diese Ergebnisse in dieser zweiten Untersuchung im Auftrag von WIRTEX bestätigt. „Der Gesamtvergleich zeigt: Stoffhandtuchrollen sind deutlich umweltverträglicher. Sie lassen die Papieralternative aus Frischfaser in 6 von 8 Kategorien hinter sich, Tücher aus Recyclingpapier in 7 von 8 Kategorien. […] Verglichen wurden neben erzeugtem Abfallvolumen, Energie- und Treibhauspotenzial auch Luftverschmutzung, Sommersmogbildung, Wasserverbrauch sowie Versauerungs- und Überdüngungspotenzial von Böden." [5].

In einer anderen Untersuchung von 2018 wurden neben Papier- und Stoffhandtüchern auch elektrische Handtrockner in den Vergleich mit einbezogen [9]. Hier kamen die Autoren zu folgender Bilanz: „Trotz vieler Versuche und Studien ist eine klare Rangfolge der Ökobilanz von Händetrockner-Systemen schwer. Daher ist auch das Umweltbundesamt über offizielle Bewertungen der Ökobilanz zurückhaltend. Die Hochgeschwindigkeitstrockner punkten jedoch mit einem geringen Stromverbrauch – zusätzliche Ressourcen wie Papier und Baumwolle entfallen hier."

Unternehmenskommunikation und Betriebswirtschaft

Um die Sensibilität für und das Wissen um Nachhaltigkeit und Klimaschutz am Arbeitsplatz zu verstärken, eignen sich einige Maßnahmen auch in der Praxis, z. B.:

- Klimasprechstunde einrichten?
- Klima-Praxisflyer erstellen?

- für Mitarbeitende: Klimaschutz und Gesundheit könnten zu einem Thema bei Teambesprechungen werden, um das Team gezielt nach Ideen zu fragen und deren Ideen zu Nachhaltigkeit und Umweltschonung in der Praxisorganisation einzubringen.

Auch was Finanzierung, Versicherungen und andere betriebswirtschaftliche Notwendigkeiten angeht, lässt sich Einiges für den Klimaschutz tun, z. B. kann man sich nach den Nachhaltigkeitsaspekten der jeweils genutzten Bank, Versicherung, Makler/Beratungsfirma oder auch Krankenkassen erkundigen bzw. diese Informationen – soweit möglich – überprüfen (lassen). Beispiele für aus unserer Sicht nachhaltige Anbieter sind (ohne Anspruch auf Vollständigkeit!): DLS-Investment, Concordia, BKK Provita oder Barmenia sowie unter www.gruen-versichert.de genannte Anbieter.

Alternative zur Klimaanlage

Relativ einfach ist es noch, per Dämmung und Verschattung auf eine Klimaanlage verzichten zu können; eine gut umsetzbare Maßnahme sind z. B. Fensterfolien (https://www.netz-vergleiche.de/sonnenschutzfolie/), die in unterschiedlichen Ausführungen erhältlich sind.

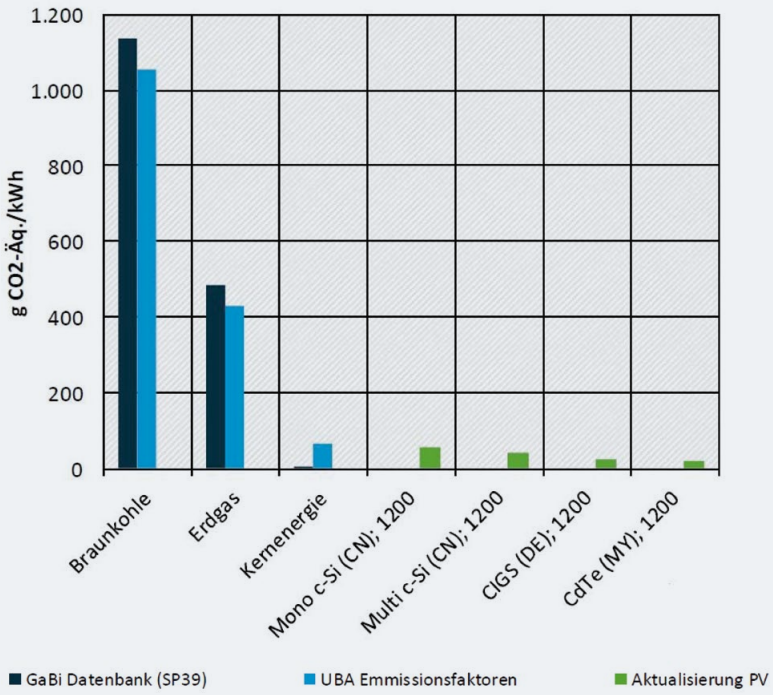
Eigenschaften von Fensterfolien [10]:

- Blickdicht dank Sichtschutz, aber Licht wird durchgelassen
- Schützt vor Wärme im Sommer / wärmeabweisend
- UV-Schutz
- Selbstklebend; beständig gegen Kratzer

Ist Photovoltaik eine echte Option?

Eigene Energiegewinnung ist nur begrenzt möglich und von den vor Ort gegebenen Rahmenbedingungen abhängig. Wasser- und Windkraft lässt sich innerörtlich sicher nur im Ausnahmefall generieren; Photovoltaik hingegen kann überall installiert werden, wo geeignete Dachflächen und Lichteinfall vorhanden sind.

Abbildung 2. Treibhausgaspotenziale



Treibhausgaspotenziale von PV-Technologien im Vergleich mit Kohle- Erdgas- und Atomstrom.
Quelle: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Harry Wirth, Fraunhofer ISE, Download von www.pv-fakten.de, Fassung vom 21.10.2021

Für Photovoltaik, Wallboxen für E-Fahrzeuge und Voltaikspeicher gibt es länderspezifische Förderung und Bundesfördermaßnahmen (BAFA, KFW), zu denen Sie sich vor Ort erkundigen sollten. Für die naheliegende Zukunft ist zu erwarten, dass in diesem Bereich nach Bildung der neuen Bundesregierung mehr Fördermaßnahmen und Unterstützung von Energiewendetechniken erfolgen werden (Links zu den entsprechenden Seiten s. unten). Dabei ist auch der Emissionsvergleich bei den verschiedenen Energiegewinnungsverfahren sehr interessant, wie in Abbildung 2 dargestellt.

Praxisbaumaßnahmen (bei Umzug, Sanierung, Neubau)

Während die bisher beschriebenen Maßnahmen alle kurz- und mittelfristig umsetzbar sind, erfordern Praxis-(Um) Baumaßnahmen natürlich eine langfristige Planung und einen höheren finanziellen Aufwand. Maßnahmen hin zu einem energieeffizienten Gebäude sind allerdings für den Klimaschutz enorm wichtig und erfordern die Anpassung des Hauses an entsprechend strenge DIN-Normen oder gar an den Passiv-Hausstandard. Diese Aspekte sind so interessant und spannend, dass wir hierzu einen Folgeartikel planen.

Fazit und Resümee

Wir stellen bei der Beschäftigung mit diesem Thema noch einmal fest, wie komplex der Vorsatz, CO_2 einzusparen, ist und dass eigentlich alle Bereiche unseres täglichen Lebens davon betroffen sind, wenn wir denn konsequent sein wollen! Wir hoffen, dass die geneigten Leserinnen und Leser ggf. tatsächlich konkrete Anregungen und Impulse für die Praxis und die praktische Umsetzung mitnehmen können. Wir sind für weitere Anregungen und gute Beispiele gelungener Entwicklung in die richtige Richtung dankbar.

Dr. med. Hans-Ulrich Umpfenbach, …

… niedergelassener Kinder- und Jugendarzt, seit 2006 auch kinderpneumologisch fachärztlich in Kooperation mit dem Allgemeinen Krankenhaus in Viersen tätig. Er ist in den WAG Immuntherapie und Umweltmedizin der GPA aktiv und hält seit ein paar Jahren Vorträge zum Thema dieses Artikels. U. Umpfenbach war u. a. an den Leitlinien Allergen-Immuntherapie und Allergieprävention beteiligt.
info@kinderarzt-umpfenbach.de

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dr. med. Thomas Lob-Corzilius, …

… Kinder- und Jugendarzt i.R., Allergologie, Kinderpneumologie, Umweltmedizin, ist Sprecher der WAG Umweltmedizin der GPA, Vorsitzender der Dt. Akademie für Prävention und Gesundheitsförderung (DAPG) sowie Freier Mitarbeiter bei der Kinderumwelt gGmbH und Freier Mitarbeiter bei der Arbeitsgruppe Globale Umwelt-Gesundheit am Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin des Klinikums der Universität München.
thlob@uminfo.de

Interessenkonflikt: Werkverträge an der Fernuniversität Hagen sowie der Dualen Hochschule Stuttgart; Vortragshonorare zu „Klimawandel und Gesundheit" von den Firmen Engelhard und Danone.

Der Artikel kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben; ferner haben wir die angesprochenen bzw. verlinkten Organisationen und Projekte nicht auf die dort angegebenen Nachhaltigkeit überprüft.

Weitere interessante Links zum Thema

Produktnachhaltigkeit

- https://www.nachhaltigkeit.nrw.de/akteure/
- https://wgp.de/de/konzepte-nachhaltige-produktion-schutzausruestung/

Haushaltsartikel

- https://www.green-your-life.de/content/die-idee

Photovoltaik

- https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/photovoltaik-was-bei-der-planung-einer-solaranlage-wichtig-ist-5574
- https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html
- https://www.photovoltaik-foerderung.net/
- https://www.rechnerphotovoltaik.de/
- https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/Photovoltaik/
- https://www.buhl.de/steuernsparen/photovoltaik-anlage-steuern/
- https://initiative-nachhaltige-praxis.de/list.php
- http://pure.leuphana.de/ws/files/806576/Umweltmanagement_Ein_Leitfaden_f_r_ Krankenh_user_Arztpraxen_Apotheken_und_andere_Einrichtungen_des_Gesundheitswesens.pdf
- http://www.nachhaltige-beschaffung.info/DE/Produktgruppen/produktgruppen_node.html
- https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltfreundliche-beschaffung
- https://www.bakoev.bund.de/SharedDocs/Downloads/GS_Nachhaltigkeit/Praesentation_Beneke.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Tipps zur CO_2-Reduktion allgemein

- https://klimaretter-lebensretter.co2-app.de/de/

Literatur

1 https://strom-report.de/strom/#strommix-2020-deutschland

2 Confronting carbon inequality: Putting climate justice at the heart of the COVID-19 recovery (https://www.oxfam.de/system/files/documents/media_brief_-_english_-_confronting_carbon_inequality_-_embargoed_21_september_2020.pdf)

3 Eberle U, Möller M. Life Cycle Analysis of hand-drying systems + Supplement. A comparison of cotton towels and paper towels. Öko-Institut e. V. Freiburg 2006

4 www.oxfam.de/presse/pressemitteilungen/2020-09-21-klimakiller-reichtum-reichste-1-prozent-schaedigt-klima-doppelt

5 www.rw-textilservice.de/handtuecher-stoff-schlaegt-papier/150/19664/342693

6 www.bosch-ebike.com/de/rund-ums-ebike/storys/ebike-leasing-ueber-den-arbeitgeber

7 www.wirsindheller.de/Konzept-LED-Arzt-Praxisbeleuchtung.273.0.html

8 www.foodwatch.org/de/frage-des-monats/2021/planetary-health-diet-der-speiseplan-zur-weltrettung/?cookieLevel=not-set

9 www.maisonara.de/blog/oekobilanz-handtrockner-vs-handtuecher

10 www.netzvergleiche.de/sonnenschutzfolie/

11 www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf

12 www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimawandel-in-deutschland-neuer-monitoringbericht; Gemeinsame Pressemitteilung von BMU und UBA: Klimawandel in Deutschland: Neuer Monitoring-bericht belegt weitreichende Folgen (26.11.2019); aufgerufen am 10.11.2021

Wieso sollte jedes Krankenhaus nachhaltig wirtschaften?

Im Zusammenhang mit der Klimakrise ist bislang weitgehend unbekannt, dass der Gesundheitssektor weltweit 4,4 % des weltweiten ökologischen Fußabdrucks ausmacht. Würde man den Gesundheitssektor als ein Land betrachten, wäre er der fünftgrößte Treibhausgas-Emittent der Welt, wozu auch die Krankenhäuser deutlich beitragen [32]. Das entspricht dem Ausstoß von 514 Kohlenkraftwerken. Dabei wirkt sich der Klimawandel deutlich negativ auf die allgemeine Gesundheit aus. Strategien zur Reduktion der Emissionen im Bereich der Kliniken werden bisher in Deutschland kaum beachtet.

Edda Weimann, Gaißach, München und Kapstadt

Ziele für die Humanmedizin

Das internationale Netzwerk „Healthcare without Harm" [27] hat vor diesem Hintergrund das Ziel, bis 2030 klimaneutrale Gesundheitssysteme zu schaffen. Zudem hat sich Deutschland im Glasgow Klimaschutzvertrag im November 2021 verpflichtet, das deutsche Gesundheitssystem klimaneutral bis 2030 zu transformieren. Dasselbe hat der 125. Deutsche Ärztetag 2021 beschlossen. Ebenfalls soll Gesundheit und Klima als Vorlesung in das Curriculum der Humanmedizin integriert werden, um auch das Verständnis für den Zusammenhang zwischen planetarer und der Gesundheit der Bevölkerung und Erkrankungen zu erhöhen.

2030 – unser Zeitfenster

Basierend auf internationalen wissenschaftlichen Erkenntnissen des Weltklimarats (IPPC) befinden wir uns in einer Klimakrise mit aktiven irreversiblen Klima-Kipppunkten (u. a. Tundra-, Permafrost- und Treibeisrückgang in der Arktis, großflächige Zerstörung tropischer Regenwälder im Amazonasbecken oder Indonesien, großflächige Waldbrände in Sibirien und Australien) als „point of no return" für das Leben auf der Erde [20, 37]. Aufgrund internationaler Forschungsergebnisse, Publikationen des Weltklimarats und des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) bleiben uns nur noch maximal 8 Jahre Zeit, um einen wesentlichen Wandel mit deutlicher Reduzierung unseres CO_2-Ausstoßes und Klimaneutralität zu erreichen [30]. Dabei ist in die Kalkulation mit einzubeziehen, dass es mehrere Jahre dauern würde, den CO_2-Gehalt in der Atmosphäre zu stabilisieren und dann zu reduzieren, selbst wenn man sofort jeglichen CO_2-Ausstoß vermeiden würde [3]. Militärische Auseinandersetzungen wie die Invasion Russlands in der Ukraine haben ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf das verbleibende CO_2-Budget. In einer Pressekonferenz zum letzten Weltklimabericht (IPPC), der am 28. Februar 2022 veröffentlicht wurde [30], sagte der UN-Generalsekretär Guterres: „Der heutige IPCC-Bericht ist ein Atlas des menschlichen Leids und eine vernichtende Anklage gegen die verfehlte Klimapolitik." [30]. Die dramatische Lage wird durch die massiven Emissionen des Ukraine Kriegs nochmals verschärft.

Auswirkungen der Klimakrise sind für die europäische Bevölkerung bereits jetzt deutlich spürbar [56]: 2003 hat die Hitzewelle 70.000 Tote in Europa herbeigeführt [47], eine Klimawandelfolge mit stark zunehmender Tendenz (https://bit.ly/3lGbPM9). Verschiedene Studien gehen von einem Anstieg zwischen 60.000 und 160.000 Toten im Jahr bis 2080 aus, wenn nicht entsprechende Maßnahmen ergriffen werden [10, 24, 40]. Dies hat ökonomische Folgen mit Gesundheitskosten von 150 Billionen Euro. Ebenfalls nehmen die Zeitabstände zwischen extremen Hitzeperioden ab [4, 50].

Umweltschutz ist Klimaschutz ist Gesundheitsschutz

Den höchsten Anteil an den durch den Klimawandel bedingten Gesundheitsschäden hat die Luftverschmutzung, verursacht durch Feinstäube, Stickstoffdioxid und Ozon [36, 46]. 2012 sind in der EU etwa 403.000 Menschen vorzeitig an den Folgen der Luftverschmutzung gestorben [19]. Erste internationalen Studien weisen darauf hin, dass SARS-COV2-Infektionen möglicherweise häufiger bei Personen in stark verschmutzen Regionen, vermutlich auch mitbedingt durch eine Vorschädigung

der Atemwege vorkommen können [42]. Ausgebrochen ist das Virus in der Provinz Wuhan, China, einer der an den stärksten verschmutzten Regionen weltweit. Durch eine Mutation eines Virus hat auf einem illegalen Wildtiermarkt ein Übertritt von Tieren auf den Menschen stattgefunden und dabei ist ein neues Virus entstanden, das sich durch Globalisierung und Flugverkehr schnell weltweit verbreitet hat. Frauen, ältere Menschen, Raucher, Menschen mit chronisch pulmonaler Erkrankung (COPD), Adipositas oder Diabetes mellitus sowie sozioökonomisch benachteiligte Bevölkerungsschichten sind durch das Coronavirus besonders betroffen. „One health" and „Planetary Health" haben sich zum Ziel gesetzt, eine gesunde Balance zwischen Menschen, Tieren, der Umwelt, unserer Gesundheit und der unseres Planeten wiederherzustellen [1, 53].

Die Coronavirus-Pandemie hat zu einem fast weltweiten Lockdown mit einer deutlichen Reduzierung fossiler Brennstoffe mit positiven Auswirkungen für die Umwelt geführt [51]. In China, Europa und Nordamerika hat dies zu einem deutlichen, aber leider nur vorübergehenden Rückgang der industrie- und verkehrsbedingten Emissionen geführt, die aufgrund fossiler Energieträger entstehen. Allerdings entsprechen diese temporären Reduktionen bei Weitem nicht den vom IPPC geforderten und notwendig erachteten. Neben der 35 %igen Reduzierung der Feinstaubbelastung ist zudem die Stickstoffdioxid-Verschmutzung durchschnittlich in Nordchina um 40 %, in Westeuropa um 20 % und in den Vereinigten Staaten um 38 % während des Corona-Lockdowns gesunken [54]. Mit dem Ende des Corona-Lockdowns und der Wiederaufnahme des regulären Straßenverkehrs sowie der industriellen Tätigkeit Anfang Juni 2020 befindet sich die Luftverschmutzung dagegen wieder auf dem Niveau der Zeit vor der Corona-Pandemie [6] und sogar deutlich darüber. Dies veranschaulicht, dass mit dem notwendigen politischen Willen durchaus positive Maßnahmen für die notwendige Verbesserung der Umweltbedingungen und der Klimabilanz erreicht werden könnten.

Kliniken tragen deutlich zu CO_2-Emissionen bei

Bislang weitgehend unbekannt ist dabei, dass der Gesundheitssektor weltweit der fünftgrößte Treibhausgasproduzent ist, wobei die Krankenhäuser mit 13 % dazu beitragen [32]. In Europa erzeugt das deutsche und schweizerische Gesundheitssystem die meisten Emissionen [29].

Seit 2003 engagiert sich „Healthcare without harm" (www.hcwh.org) in Europa, nachhaltige Praktiken im Europäischen Gesundheitssystem einzuführen und im täglichen Handeln durch Transformation zu etablieren. Weltweit sind in diesem Netzwerk 53 Länder vertreten. Der Grundgedanke ärztlichen Handelns ist zu heilen und keinen Schaden zuzufügen. Aber unser derzeitiges Handeln hat negative Auswirkungen auf unsere Umwelt durch Freisetzen von Emissionen, Wasser- und Luftverschmutzung und Abfallerzeugung. Dies trägt maßgeblich zum Klimawandel bei, was wiederum negative Auswirkungen auf die Volksgesundheit hat. Dies widerspricht dem medizinischen Anspruch, durch sein Handeln zu helfen und keinen Schaden zu verursachen: „Do no harm" [26]. Darum werden Ärztinnen und Ärzte sowie Pflegekräfte aufgrund ihrer besonderen Verantwortung für Umwelt und Klima und ihres Ansehens in der Bevölkerung aufgefordert, dem Fortschreiten des Klimawandels durch entsprechende Aktionen entgegenzuwirken. Kinder und ältere Leute sind aufgrund ihres Risikoprofils (Hitze, Herz-Kreislauferkrankungen, Infektionen, Lungenerkrankungen) vom Klimawandel in besonderem Maße betroffen.

Ziel des internationalen Netzwerks „Healthcare without harm" (HCWH) ist es deshalb, die Emissionen des Gesundheitssektors zu senken und bis 2030 klimaneutral zu werden [32]. Zudem sollen die Gesundheitssysteme besser auf die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels vorbereitet werden [39]. Bislang haben hingegen Strategien zur Reduzierung der Emissionen aus dem Krankenhaussektor in Deutschland wenig Aufmerksamkeit erfahren [15]. Daher haben Dickhoff et al. ein Rahmenwerk zum klimaneutralen Gesundheitssystem verfasst, das bei KLUG [34] und im Deutschen Ärzteblatt [43] veröffentlicht worden ist. In einem gerade erschienenen Buch wird ein holistisches und integratives Konzept vorgestellt, Krankenhäuser und Praxen in Richtung Klimaneutralität zu transformieren und zu bewirtschaften [59].

Aktionsschwerpunkte

Da die Klimakrise ein multifaktorielles Problem ist und vielfache Lösungsansätze [32] erfordert, hat die HCWH die im Folgenden beschriebenen Aktionsschwerpunkte gesetzt (Abb. 1) [15, 27].

Beschaffung

Der Gesundheitssektor in der EU z. B. ist ein Großeinkäufer von Produkten und Dienstleistungen mit einem hohen CO_2-Ausstoß. Außerdem werden Luft, Wasser und Boden durch Abgase, Schadstoffe und Abfälle verschmutzt. Bei den Beschaffungen wird meist nur der Kostenfaktor berücksichtigt – der billigste Anbieter wird beauftragt –, ohne die sekundären Folgen und den gesamten CO_2-Fußabdruck in Betracht zu ziehen. Einige Gesundheitsministerien (z. B. Niederlande, Westkap/Südafrika, Schweden [52) haben daher Richtlinien für nachhaltige Beschaffung („Green-sustainable procurement") festgelegt [57]. Auch der Kreislaufwirtschaft („circular economy") wird mehr Bedeutung zukommen, um den CO_2-Fußabdruck zu reduzieren.

Pharmazeutische und medizinische Schutzprodukte

Die pharmazeutische Industrie ist nach den Krankenhäusern der zweitgrößte Umweltverschmutzer innerhalb des Gesundheitssektors [29]. Neben CO_2-intensiven Aktivitäten kommt der Wasser- und Energieverbrauch und die Abfallerzeugung hinzu. Das EU-Gesundheitssystem könnte aufgrund seiner Größe auf die Pharmaindustrie einwirken, nachhaltig zu produzieren. Auch bei der Verpackung von Medikamenten und medizinischen Schutzprodukten besteht Verbesserungsbedarf für mehr Nachhaltigkeit und weniger Verpackung. Zum anderen können Ärztinnen und Ärzte dazu beitragen, dass keine unnötigen Medikamente verordnet werden [57]. Ebenso kann die Vorratshaltung von Medikamenten in Krankenhäusern reduziert und zentralisiert werden.

Die Globalisierung hat zudem dazu geführt, dass Schutzmaterialien und Medikamente fast nur noch in Asien und Indien hergestellt werden. Dies führt neben Lieferengpässen bei Pandemien zu einem hohen CO_2-Fußabdruck dieser Produkte sowohl durch den langen Transportweg als auch der vorherrschenden Energieerzeugung durch umweltschädliche Kohlekraftwerke.

Energie und Gebäude

Krankenhäuser und medizinische Abläufe haben einen hohen Energieverbrauch. Durch die Verbrennung von Benzin, Gas, Kohle und Diesel entstehen große Mengen an CO_2, Methan und Stickstoffdioxid. Der Energieverlust durch alte Gebäude und unzureichende Isolierung ist groß, allerdings auch der Sanierungsbedarf von deutschen Krankenhäusern. Zudem gewinnt die Autarkie der Energieressourcen und -gewinnung durch Photovoltaik als auch durch Blockkraftwerke zunehmend an Bedeutung. Dies ist auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass laut Daten von 2013 die Kohlekraftwerke in Deutschland und der EU jährlich rund 18.200 vorzeitige Todesfälle mit resultierenden Gesundheitskosten von 42,8 Milliarden € verursachen [25]. Aktuelle Daten zu Luftqualität und Emissionen sind auch über die European Environment Agency erhältlich [16].

Zudem gibt es intelligente Beheizungssysteme für Operationsräume und andere Räume abhängig von Nutzung und Personenzahl. Der Gesundheitssektor hat neben der medizinischen auch eine ethische Verpflichtung, eine schnelle Transition zu erneuerbaren Energien durchzuführen.

Green Building

Die negative Ökobilanz von Baustoffen wie Zement und Beton und der hohe CO_2-Abdruck der Baubranche rückt immer mehr in den Fokus. Auch beim Neubau bzw. Umbau von Klinikgebäuden macht dies nicht halt. Es gibt zertifizierte nachhaltige Architekturbüros, die diese Gesichtspunkte beim Bauen bzw. Umbauen berücksichtigen. Bestehende Bausubstanz sollte möglichst genutzt werden, auf PVC soweit möglich verzichtet und nachwachsende Rohstoffe präferiert werden. Als Energieträger sind fossile Brennstoffe als auch Holz aufgrund der Feinstaubbelastung zu vermeiden. Ebenfalls sollten Gartenanlagen gemäß Diversität und Begrünung (Schatten im Sommer) angelegt werden [44].

Entsprechende ökologische Architekturverbände sind z. B der Verband nachhaltiger Architekten und die Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB e.V.) [2].

Abbildung 1. Die verschiedenen Aktionspfeiler eines nachhaltigen Krankenhauses

© E. Weimann

Transport

Der meist fossil betriebene Transport von Patientinnen und Patienten sowie Personal belastet die Umwelt, sodass ein Übergang zu klimaverträglichen Alternativen notwendig ist. In der Klimabilanz eines Krankenhauses schlägt der Transport von Patientinnen und Patienten sowie Personal mit ca. 10 % der CO_2-Bilanz, aber auch durch Notfallfahrzeuge und Helikopter zu Buche und muss kalkuliert werden. Auch hier ist die Transition zu weniger Transport und E-betriebenen Fahrzeugen weiter voranzutreiben. Pro gefahrene Meile reduzieren Dieselfahrzeuge aufgrund ihrer Emissionen die Lebenszeit von Passantinnen und Passanten um 12 Minuten [3]. Infolge der Software, die der Autobauer VW zur Vertuschung der tatsächlichen Stickstoffmonoxid-Emissionen in Diesel-PKWs eingebaut hat, sind jahrelang deutlich höhere Emissionen entstanden als erlaubt. Die dadurch in Deutschland entstandenen Emissionen führten einer Studie zufolge zu 1200 vorzeitigen Todesfällen In Europa [9]. Dies entspricht 13.0000 verlorenen Lebensjahren und Kosten in Höhe von 1,9 Milliarden € für Folgeerkrankungen und Todesfälle [3].

Informationen zur Luftschadstoffbelastung in verschiedenen Städten bietet die European Environmental Agency mit dem „european-city-air-quality-viewer“ [17].

Ernährung

Die Landwirtschaft in Europa verursacht in der Gesamtkette vom Anbau bis zur Verarbeitung 15 % der Schadstoffemissionen. Nahrungsabfälle haben einen wesentlichen Anteil daran, da hierbei alle Ressourcen von Anfang bis Ende verschwendet werden. In Europa werden jährlich 100 Millionen Tonnen Nahrung weggeworfen [21]. Damit wird die Nahrungsmittelverschwendung zum drittgrößten Emitter. Eine Verringerung der Nahrungsabfälle und die Reduzierung des Fleischkonsums auf maximal 300–600 g pro Woche/Person [14] würden erheblich zum Klimaschutz beitragen. Die geringere Menge von Klimagasen und der verringerte Fleischkonsum würde weniger Lungenerkrankungen, Kreislauferkrankungen und Krebs verursachen [23, 41].

Immer noch sind gesunde und nachhaltige Mahlzeiten für Patientinnen und Patienten und Angestellte in Krankenhäusern eher eine Seltenheit. Denn aufgrund der derzeitigen Rahmenbedingungen müssen Krankenhausessen hauptsächlich kostengünstig sein. Dies hat zur Folge, dass Mahlzeiten im Krankenhaus eine mindere Qualität und einen geringen Nährgehalt haben. In vielen Fällen wird das Fleisch aus Massentierhaltungen mit schlechten Bedingungen für Tiere bezogen und kommt meist nicht von lokalen Anbietern [60]. Für einige Krankenhausketten werden Mahlzeiten nicht mehr vor Ort, sondern in anderen Bundesländern oder im Ausland produziert und täglich in die jeweiligen Kliniken transportiert – mit einem entsprechend hohen CO_2-Fußabdruck. Dies gilt es zu ändern. Dieses Thema bildet sich auch in Patientenbefragungen ab: In krankenhausinternen Befragungen bemängeln Patientinnen und Patienten häufig die Essensqualität.

Abfall

Im Gesundheitssektor fallen multiple Abfälle an wie Papier, Plastik, Metalle, Elektronik, Chemikalien, Arzneimittel etc. Viele Abfälle aus Krankenhäusern landen immer noch auf Müllhalden oder werden umweltbelastend verbrannt. Andere Abfälle sind Problemabfälle (z. B. Laborabfälle) und müssen gesondert entsorgt werden, um negative Auswirkungen für die Umwelt und Menschen zu minimieren. Ein effizienteres Abfallmanagement durch Recycling, Kompostierung von Nahrungsabfällen, Verringerung von toxischem Abfall und ein verminderter Plastikverbrauch kann durch entsprechende Gesetze gesteuert werden (z. B. Abfallkreislauf). 75–90 % der Abfälle in Krankenhäusern und Arztpraxen sind mit normalem Haushaltsmüll vergleichbar und könnten vermieden werden. Dieses haben wir in unserem Plastikabfall Audit, das wir im April 2022 durchgeführt haben, bestätigen können. Ziel des „Zero waste“ Ansatzes ist es, dass keine oder nur geringe Abfälle entstehen und Gegenstände wiederverwendet und repariert werden [8]. HCWH verfolgt den Ansatz einer plastikfreien Gesundheitsversorgung. Mikroplastik (Durchmesser <5 mm) kann Partikel enthalten, die als endokrine Disruptoren agieren und zunehmend als gesundheitlich bedenklicher eingestuft werden [22]. Mikroplastik kommt mittlerweile in Nahrungsmitteln wie Meersalz und Fisch vor, zunehmend im Staub, den wir einatmen [61] und wurde nun sogar in unserem Blut nachgewiesen [56]. Daher gibt es von Regierungen, wie der EU, aber auch in Kalifornien Bestrebungen, den Einsatz von Plastik einzudämmen [11]. Gemeinsam mit der EU läuft derzeit bei HCWH ein europäisches Projekt „Towards plastic free health care“, an dem die Klinik Gaißach auch teilnimmt (www.hcwh.org).

Wasser

Die Verfügbarkeit von Trinkwasser wird durchzunehmende Dürre- und Hitzeperioden in Europa und weltweit reduziert [18]. In Deutschland leiden besonders die östlich gelegenen Bundesländer unter Wassermangel und Dürreperioden. Zudem wird im Gesundheitssektor und in Krankenhäusern viel Wasser durch Reinigung, Waschen, Ernährung und medizinische Therapien (Dialyse) verbraucht. Die konsequente Reduzierung des Wasserverbrauchs spart Energie und wirkt dem Wassermangel entgegen. Die letzte Dürreperiode im Westkap in Südafrika von 2015–2018 hatte zur Folge, dass neben der Bevölkerung auch Krankenhäuser und Universitätskliniken nur noch mit einem minimalen Wasserverbrauch (<50 l/Person/Tag) auskommen mussten [35].

Chemikalien

Die Reduzierung und Substitution schädlicher Chemikalien werden vorangetrieben. Ein Beispiel hierfür ist das internationale Verbot von Quecksilber in medizintechnischen Geräten. Ein weiteres positives Beispiel ist das weltweite

Abbildung 2. Das von Kate Raworth entwickelte Wirtschaftsmodell, das eine nachhaltige und gesundheitsverträgliche Wirtschaft ermöglicht.

Quelle: Raworth R [45].

Verbot von FCKWs in Medizinprodukten. Daneben verursachen Narkosegase wie Lachgas, Sevofluran, Isofluran und Desfluran einen hohen CO_2-Ausstoß. Eine Stunde Allgemeinanästhesie mit dem klimaschädlichen Desfluran entspricht einer Fahrstrecke von 375–750 km mit dem Auto [13]. Aufklärung, Recycling von Gasen, Umstellung auf intravenöse Anästhesie sind nur einige Maßnahmen, die die Umweltbilanz verbessern. Inzwischen gibt es Geräte, die die Freisetzung von Narkosegasen in die Luft und Atmosphäre auffangen könne. Einige Kliniken wenden diese Geräte bereits an.

4,3 % der Treibhausgasemissionen im Vereinigten Königreich (UK) verursachen Inhaliergeräte zur Asthmatherapie. Daher laufen in UK und anderen Ländern Initiativen, die Aerosoltherapie klimafreundlicher umzustellen. Produkte (z. B. Salbutamol), die HFC (Hydrofluorcarbon) 134 a enthalten, haben pro Dosis ein globales Wärmepotenzial (GWP) von 163 g CO_2 eq, HFC 227 ea (z. B. Budesonid) sogar 667 g CO_2 eq; für HFC 152a dagegen gilt 20 g CO_2 eq und für Trockeninhalate 9 g CO_2 eq [31]. Die Umstellung von HFC 134 auf HFC 152 würde die negativen Auswirkungen auf den Klimawandel und Ozondepletion von Inhalierern in UK um 90–92 % reduzieren. In der Kigali Vereinbarung von 2016 haben Staaten sich darauf geeinigt, HFCs zu reduzieren.

Edukation

Sehr viele Fakten des Klimawandels sind in breiten Teilen der Bevölkerung bis zu oberen Führungsebenen nicht bekannt. Ebenfalls ist der Zusammenhang zwischen Klima und Gesundheit bislang in den Gesundheitsberufen dem Fachpersonal wenig bis gar nicht vermittelt worden und fehlt immer noch in vielen Ausbildungscurricula. Daher ist es nötig, diese Grundlagen in Fortbildungen wie Fachtagungen und -vorträgen zu vermitteln, um so ein verbessertes Verständnis für zu klimabewusste Maßnahmen bei Kolleginnen und Kollegen sowie nichtärztlichem Personal zu erzielen. Ansprechpartner sind ebenfalls Patientinnen und Patienten, Eltern und Angehörige z. B. in Klimasprechstunden; auch in Visiten kann Klimaschutz krankheitsbezogen kommuniziert werden. In einem nachhaltigen Krankenhauskonzept sollte dies als wichtiger Baustein enthalten sein [49].

Leadership

Perspektivisch soll der Gesundheitssektor eine Führungsrolle in den Bereichen Nachhaltigkeit und klimaneutraler Wirtschaft übernehmen. Seit dem Pariser Klimaabkommen gibt es z. B. in Krankenhäusern des National Health Systems (NHS) in Großbritannien, aber auch in Schweden und den Niederlanden Nachhaltigkeitsmanagerinnen und -manager und Nachhaltigkeitsabteilungen. Diese haben die Aufgabe, Nachhaltigkeitsziele für die jeweilige Klinik zu formulieren und entsprechende Projekte zu implementieren. Das britische Gesundheitssystem NHS hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2032 bis auf die Beschaffung klimaneutral zu werden [48]. Dazu werden landesweit in allen NHS-Kliniken Konzepte implementiert, die die benannten Aktionsbereiche umfassen. Dazu gehört auch, dass Organisationen und Versicherungen im Gesundheitssektor nicht mehr in fossile Brennstoffe investieren („divestment"), Krankenhäuser und pharmazeutische Unternehmen auf erneuerbare Energien umgestellt werden und generell nur im Ausnahmefall das Flugzeug und das Auto genutzt wird [48].

Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, besteht in der Anwendung des Doughnut-Modells (Abb. 2), eines neuen Wirtschaftsmodells, das die Transformation zur Klimaneutralität unterstützt. Dieses Modell ist von Kate Raworth an der Universität von Oxford

entwickelt worden [45]. Es beschreibt die derzeitige Imbalance zwischen übermäßig genutzten natürlichen Ressourcen mit den resultierenden Auswirkungen wie Übersäuberung unserer Ozeane, Verlust von Biodiversität oder Luftverschmutzung auf der einen Seite und einer unzureichenden sozialen Grundlage unserer Gesellschaft auf der anderen Seite. Daher werden bei wirtschaftlichen Entscheidungen sowohl soziale Faktoren, Gesundheitsindikatoren als auch multiple ökologische Faktoren mit in Betracht gezogen. Obwohl dieses Modell neu ist, findet es bereits in vielen Bereichen Anwendung [7, 45, 58].

Konkrete Projekte

Im Herbst 2019 fand der 1. Europäische „Healthcare Climate Summit" statt, bei dem ein Fahrplan für ein klimaneutrales europäisches Gesundheitssystem erarbeitet wurde. Um dies zu erreichen, bietet HCWH [27] seinen Mitgliedern an, in Kollaboration mit anderen Krankenhäusern Nachhaltigkeitsprojekte durchzuführen. Krankenhäuser können Mitglied werden, wenn sie einen Antrag einreichen, aus dem hervorgeht, welche Nachhaltigkeitsprojekte sie bereits durchgeführt haben und welche Klimaziele sie in Bezug auf die beschriebenen Aktionsfelder verfolgen.

In der Fachklinik für chronischer Erkrankungen in Gaißach werden die einzelnen Projekte in einem interdisziplinäres „Zero emission"-Team besprochen, das sich einmal im Monat trifft, sich austauscht und über den Projektfortschritt der einzelnen Gruppen berichtet. Derzeit führen wir verschiedene Projekte durch: Analyse und Ersatz durch umwelt- und anwendungsverträglichere Reinigungsmittel, Vermeidung von medizinischen und Gebrauchs- (u. a. Plastikflaschen, Plastikhalme, Luftballons) und Einwegartikeln, Recycling von Papier, Plastik und Glas, Reduzierung von Nahrungsabfällen, Abfall Audits, Anbindung an ÖPNV, keine Mahlzeiten mit gefährdeten Arten (Thunfisch etc.), Ernährung möglichst regional und saisonal, Reduzierung des Arzneimittelmülls durch zentrale Bestellungen und Lagerung, Umstellung auf fleischlose Tage gemäß DGE-Empfehlung, erhöhte Biodiversität im Garten, Edukationsprojekte, Reduktion transportbedingter CO_2-Emissionen durch Einsatz von Elektrofahrzeugen, Nutzung von Photovoltaik, Reduktion des Wasser-, Papier- und Stromverbrauchs, Verbesserung von Isolierungsmaßnahmen, nachhaltige Konferenzgestaltung, Nutzung der Bahn für Dienst- und Fortbildungsreisen, Vermeidung von Flugreisen, Vorträge für Mitarbeitende, Studierende, Ärztinnen und Ärzte, Patientinnen und Patienten und Eltern etc.

Dies führt neben verminderten Verbrauchskosten und einem geringeren CO_2-Fußabdruck zu einer erhöhten Zufriedenheit der Mitarbeitenden durch Mitarbeiterinvolvierende Projekte und einer größeren Identifikation mit dem Arbeitgeber. Diese Erfahrungen konnte ich bereits in Kapstadt an der Universitätsklinik machen [15, 57]; ähnlich wurde dies auch für Europa in einem ausführlichen Artikel im Deutschen Ärzteblatt berichtet [39].

Für das Gesundheitssystem in Deutschland gibt es vielfache Möglichkeiten, CO_2-Emissionen zu senken und zu einem umweltverträglicheren Gesundheitssystem beizutragen. Verschiedene Organisationen wie die Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit (KLUG) [33] bzw. Health for future [28] oder BUND [5] beschäftigen sich mit dieser Thematik. Krankenhäuser und die Mitarbeitenden werden aufgefordert, aktives Mitglied zu werden und zum Klimaschutz beizutragen.

Basierend auf den Ergebnissen führender internationaler Forschungsgruppen und des IPPC besteht akuter Handlungsbedarf, um Klimaneutralität der Volkswirtschaft einschließlich des Gesundheitssektors vor 2030 zu erreichen, um eine lebenswerte Zukunft auf unserem Planeten für uns und nachfolgende Generationen sicherzustellen und einen Klimazusammenbruch mit einer zunehmend unbewohnbar werdenden Erde doch noch zu vermeiden [55].

Prof. Dr. med. Edda Weimann …

… ist Medizinische Direktorin einer Kinderklinik in Oberbayern und Professorin an der TUM und der Universität Kapstadt. Sie engagiert sich und forscht seit vielen Jahren im Bereich Umwelt und Klimaschutz, ist in verschiedenen Verbänden und Lenkungsgruppen aktiv, gibt Vorlesungen und hält Vorträge.
edda.weimann@uct.ac.za

Die Autorin gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1 Amuasi JH, Lucas T, Horton R WiAS. Reconnecting for our future: The Lancet One Health Commission. Lancet 2020; 395(May 9): 1470–1

2 Architektenkammer Baden-Württemberg. Nachhaltigkeit in der Baubranche. Verfügbar unter: https://www.akbw.de/berufspolitik/klima-energie-nachhaltigkeit/nachhaltigkeit-in-der-baubranche.html

3 Berners-Lee M. There is no Planet B. A Handbook for the Make or Brake Years. Cambridge: Cambridge University Press; 2019: 108–109

4 Bureau of Meteorology, CSIRO. State of the climate 2018. © 2018 Commonwealth of Australia. ISBN: 978-1-925315-97-4 (https://www.csiro.au/en/Contact) Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/330276898_CSIRO-BOM_Australian_state-of-the-climate-2018

5 Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland – BUND e.V; https://www.bund.net

6 Carrington D, Kommenda N. Air pollution in China back to pre-Covid levels and Europe may follow. The Guardian. 2020 (https://www.theguardian.com/environment/2020/jun/03/air-pollution-in-china-back-to-pre-covid-levels-and-europe-may-follow)

7 Carrington D. Amsterdam to embrace "doughnut" model to mend post-coronavirus economy. The Guardian 2020 (https://www.theguardian.com/world/2020/apr/08/amsterdam-doughnut-model-mend-post-coronavirus-economy)

8 Chartier Y, Emmanuel J, Pieper U et al. World Health Organisation. Safe management of wastes from health care activities. Genf 2014 (https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85349/9789241548564_eng.pdf;sequence=1)

9 Chossière G, Malina R, Ashok A et al. Public health impacts of excess NOx emissions from Volkswagen diesel passengers. Environ Res Lett 2017; 12(3): 34014

10 Cisar J et al. Climate Impacts in Europe: The JRC PESETA II Project', JRC Scientific and Policy Reports (European Commission — Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Institute for Environment and Sustainability 2014) (https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta-ii)

11 Coffin S, Wyer H, Leapman JC. Addressing the environmental and health impacts of microplastic requires open collaboration between diverse sectors. PLOS Biology 2021; 19(3): e3000932

12 Conway N, Baumann A, Gucwa N, Schneider G SF. Die klimafreundliche Narkose. Dt Ärzteblatt. 2020; 117(25): B 1064-52

13 Den mächtigen CO_2-Fußabdruck von Dosier-aerosolen verkleinern. Arzneitelegramm 11/2021. (https://www.arznei-telegramm.de/html/2021_11/2111081_01.html)

14 Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE). Vollwertige Ernährung. 10 Regeln der DGE. Deutsche Gesellschaft für Ernährung 2020

15 Eckert N. Krankenhausmanagement: Tipps für mehr Klimaschutz. Dtsch Ärztebl 2020; 117(11): A-548

16 European Environment Agency (https://www.eea.europa.eu)

17 European Environment Agency. European city air quality viewer. Verfügbar unter: https://www.eea.europa.eu/themes/air/urban-air-quality/european-city-air-quality-viewer; aufgerufen am 22.4.2022

18 European drought observatory. 2020; verfügbar unter https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1101; aufgerufen am 22.4.2022

19 European Environmental Agency. Air quality in Europe-2015 report. Luxembourg; 2015.

20 Falkenberg LJ, Burnell OW, Connell SD, Russell BD. Sustainability in near-shore marine systems: Promoting natural resilience. Sustainability. 2010;2(8):2593–600.

21 Fusions. European project Fusions releases EU-28 estimates of food waste levels and a food waste quantification manual. Newsletter [Internet]. 2017. (https://www.eu-fusions.org)

22 Gallo F, Fossi C, Romano D. Marine litter plastics and microplastics and their toxic chemicals components: The need for urgent preventive measures. Environ Scie Europe 2018; 30(1): 13

23 Godfray HCJ, Aveyard P, Garnett T et al. Meat consumption, health, and the environment. Science 2018; 361(6399): 5324

24 Hales S et al. WHO. Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s. WHO. 2014 (http://www.who.int/globalchange/publications/quantitative-risk-assessment/en/)

25 Health and Environment. The unpaid health bill: How coal power plants make us sick [Internet]. Heal – Health and Environmental Alliance. 2013. Verfügbar unter: https://www.env-health.org/?s=unpaid+healthbill

26 Health Care Without Harm (HCWH). Do no harm. youtube. 2016 [cited 2020 Jul 15]. (https://www.youtube.com/watch?v=vv5paSCTYAk)

27 Health Care Without Harm. Reducing healthcare´s climate footprint. Opportunities for European hospitals & health systems. HCWH Europe 2016, Brussels, Belgium

28 Health for future (https://healthforfuture.de)

Hernandez A-C. Reducing healthcare´s climate footprint. Opportunities for European hospitals & health systems. 2016. (https://www.hcwh.org)

29 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC Report 2018 und 2022. Verfügbar unter: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/07/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf; und https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/; UN-Generalsekretär António Guterres: Anmerkungen zur Pressekonferenz – Vorstellung des IPCC-Berichts, Genf, 28. Februar 2022: https://unric.org/de/ipcc280202022/

30 Jeswani HK, Azapagic A. Life cycle environmental impacts of inhalers. J of Cleaner Production 2019; 237, [117733]. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117733

31 Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K. Health Care´s Climate Footprint. How the health care contributes to the global climate crisis and opportunities for action. HCWH, produced in collaboration with Arup. Green Paper 2019. https://sustainability.emory.edu/wp-content/uploads/2020/06/HealthCaresClimateFootprint_090619.pdf

32 KLUG. Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit (https://www.klimawandel-gesundheit.de)

33 KLUG. Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit. Rahmenwerk für klimagerechte Gesundheitseinrichtungen, 24. Juni 2021. Verfügbar unter: https://www.klimawandel-gesundheit.de/klug-veroeffentlicht-rahmenwerk-fuer-klimaneutrale-gesundheitseinrichtungen/; aufgerufen am 7.4.2022

34 Kukasadia A; Public Libary of Science. Impact of Cape Town´s water shortage. 2018 (https://medicalxpress.com/news/2018-02-impact-cape-town-shortage-health.html)

35 Lancet Commission. Climate Change is the biggest global health threat of 21 century. 2009; Available from: https://www.nrdc.org/experts/kim-knowlton/new-lancet-study-calls-climate-change-biggest-global-health-threat-21st-century

36 Lenton T, Rockström J, Gaffney O et al. Climate tipping points – too risky to bet against. Nature 2019; 575: 5–592; Correction 09 April 2020

37 Leslie HA, van Velzen MJM, Brands SH et al. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International ;Available online 24 March 2022 (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35367073/)

38 Litke N, Szecenyi J, Wensing M WA. Klimaschutz im Krankenhaus. Dtsch Ärztebl 2020, 117 A544

39 McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S. Climate change and human health: Present and future risks. Lancet 2006; 367(9513): 859–69

40 Medeiros GCBS, Azevedo KPM, Mesquita GXB et al. Red meat consumption, risk of incidence of cardiovascular disease and cardiovascular mortality, and the dose-response effect: Protocol for a systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies. Med (Baltimore). 2019; 98(28): e17271

41 Ogen Y. Assessing nitrogen dioxide (NO2) levels as contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality. Science of the Total Environment 2020; 726: 138605

42 Osterloh F. Klimaschutz im Krankenhaus: Der Strukturwandel hat begonnen. Dtsch Arztebl 2021; 118(26): A-1299/B-1073

43 Osterloh F. Klimawandel: Schutz vor der Hitze, Dtsch Arztebl 2022; 119(5): A-162/B-141

44 Raworth K. Doughnut economics. Seven ways to think like a 21st-century economist. London, UK: Penguin Random House; 2017.

45 Ritz B, Hoffmann B, Peters A. Auswirkungen von Feinstaub, Ozon und Stickstoffdioxid auf die Gesundheit. Dt Ärzteblatt Int. 2019; 116: 881–8

46 Robine JM, Cheung SL, Le Roy S, Van Oyen H, Herrmann FR. Report on excess mortality in Europe during summer 2003. https://ec.europa.eu/health/ph_projects/2005/action1/docs/action1_2005_a2_15_en.pdf

47 Stancliffe R. 10 years to green the NHS and the health sector. Lancet Planet Heal 2020; 4: e126–7

48 Steppan A. Renommierte Tagung in Gaißach: Warum der Klimawandel Kinder krank macht. 24.3.2022; verfügbar unter: https://www.merkur.de/lokales/bad-toelz/gaissach-ort28705/edda-weimann-fachklinik-gaissach-klimawandel-und-gesundheit-91432807.html

49 Stillman JH. Heat waves, the new normal: Summertime temperature extremes will impact animals, ecosystems, and human communities. Physiology (Bethesda) 2019; 1; 34 (2): 86–100

50 The Economic Times. Earth is healing: Global air quality improved this year due to Coronavirus lockdown. The Economic Times. 2020 (https://economictimes.indiatimes.com/magazines/panache/earth-is-healing-global-air-quality-improved-this-year-due-to-coronavirus-lockdowns/articleshow/75729170.cms)

51 Upphandlings myndigheten; The National Agency for Public Procurement. https://www.upphandlingsmyndigheten.se/en

52 Wabnitz K-J, Guzman V, Haldane V et al. Planetary health: young academics ask universities to act. Lancet Planet Heal 2020; 4: e257-8

53 Wallaces-Wells D. What Coronavirus teaches us about Climate Change. New York Times. 2020 (https://nymag.com/intelligencer/2020/02/what-coronavirus-teaches-us-about-climate-change.html)

54 Wallis-Wells D. Die unbewohnbare Erde. Leben nach der Erderwärmung. Ludwig Verlag, München 2019

55 Watts N, Amman M, Arnell N et al. The 2018 report of the Lancet countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. Lancet 2018; 392(10163): 2479–514

56 Weimann E, Patel B. Tackling the climate targets set by the Paris Agreement (COP 21): Green leadership empowers public hospitals to overcome obstacles and challenges in a resource-constrained environment. South African Med J 2017; 107(1): 34–8

57 Weimann E, Weimann L. Beyond the growth compass. The German Diplomat. 2020 (https://germandiplomat.com/2020/06/25/beyond-the-growth-compass/)

58 Weimann E, Weimann P, Weimann L. High performance in Krankenhaus Management. Effizienz, Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, Februar 2022

59 WWF. Fleisch – schmeckt es euch noch? 2020; verfügbar unter https://blog.wwf.de/fleisch-schmeckt-es-euch-noch/?utm_source=blogpushtool&utm_medium=blogpushnotification&utm_campaign=blogpush; aufgerufen am 22.04.2022

60 Yee M S-L, Hii L-W, Loi CK et al. Impact of microplastics and nanoplastics on human health, Nanomaterials 2021; 11 (2): 496

Lösen die erneuerbaren Energien die Klimaproblematik?

Die bislang wichtigste Strategie für den Klimaschutz in Deutschland ist die Energiewende. Darunter wird vor allem die umfassende Nutzung von erneuerbaren Energien verstanden, nicht nur im Strombereich. 92 % der Bevölkerung wünschen einen Ausbau der erneuerbaren Energien [19], die damit verbundenen Probleme werden aber in der Regel kaum wahrgenommen. Die vorliegende Analyse baut auf zwei Artikeln zu „Baustellen der Energiewende" auf, die in dieser Zeitschrift 2015 erschienen sind [23, 24].

Hans-Jürgen Leist, Hannover

Treibhausgase und erneuerbare Energien

Referenzjahr für die Bewertung der Entwicklung der Treibhausgasemissionen ist in der Regel das Jahr 1990; das ist sozusagen ein „Glücksfall" für Deutschland. Gerade wiedervereinigt konnte die Ex-DDR noch ihre hohen CO_2-Emissionen mit in die Ehe bringen, die vor allem auf der Nutzung von Braunkohle beruhten. Im Verlauf der 1990er Jahre wurden dann dort viele energieintensive Betriebe geschlossen und die CO_2-Emissionen gingen steil nach unten – wie in anderen osteuropäischen Ländern. Demgegenüber blieben die CO_2-Emissionen in den alten Bundesländern in den 1990er Jahren nahezu unverändert hoch [32]. Da in der Folgezeit nur die Emissionen des nun vereinigten Deutschlands bewertet wurden und diese zwischen 1990 und 2000 von 1251 auf 1043 Mio. Tonnen Treibhausgase zurückgingen, also um rund 17 %, konnte sich Deutschland gegenüber anderen Industrieländern als Klimaweltmeister idealisieren.

Das Emissionsniveau der Treibhausgase sank in den Jahren nach der Jahrtausendwende zwar weiter ab (Abb. 1) – zunehmend aber gebremst durch den beginnenden Ausstieg aus der Kernenergie, die im Jahr 2000 noch rund 30 % des Strombedarfs in Deutschland geliefert hatte.

Die Gesamtmenge der Treibhausgasemissionen im Jahr 2017 von 905 Mio. Tonnen wird dabei zu fast 90 % durch CO_2 gebildet. Daneben sind noch die Treibhausgase Methan und Distickstoffoxid (Lachgas) zu erwähnen. Diese Gase werden vor allem in der Landwirtschaft freigesetzt. Die Klimawirkung der Gase ist unterschiedlich; zum besseren Vergleich werden sie alle in CO_2-Äquivalente (CO_2-eq) umgerechnet.

Dem Ausbau der erneuerbaren Energien kommt bei der notwendigen Energiewende eine hohe Bedeutung zu. Dies gilt insbesondere für den Bereich der Elektrizitätserzeugung, da Strom auch in anderen Bereichen fossile Energien ersetzen soll – z. B. im Verkehr (Elektroautos) oder im Wärmebereich (elektrische Wärmepumpen). Zudem ist die Elektrizitätserzeugung immer noch für rund 33 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich.

Der deutliche Rückgang der Treibhausgasemissionen in Deutschland seit den 1990er Jahren ist vor allem auf die Schließung vieler Betriebe in der ehemaligen DDR zurückzuführen. CO_2 macht fast 90 % der Treibhausgase aus.

Erneuerbare Energien in der Elektrizitätsversorgung

Strom wird in allen Sektoren genutzt:

- vor allem in der Industrie mit 45 %,
- aber auch im Gewerbe, Handel und Dienstleistung mit 28 %,
- in den Haushalten mit 25 % und
- zu einem kleinen Teil auch im Verkehr mit 2 %.

Historisch gesehen hat dabei vor allem der Strombedarf der Haushalte stark zugenommen: 1950 betrug der Anteil der Haushalte lediglich 7 % [15].

Die erneuerbaren Energien können im Elektrizitätsbereich die meisten Fortschritte aufweisen. 2018 erfolgte eine Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Höhe von 219 TWh (2017: 211 TWh) (vgl. Tab. 1). Dies entspricht einem Anteil von rund 40 % an der Nettostromerzeugung in Höhe von 542 TWh. Bei den Erneuerbaren im Strombereich dominierte die Windenergie mit rund 50 %, es folgten die Photovoltaik mit 21 %, die Bioenergie knapp 21 % (hauptsächlich Biogas, aber auch biogene Festbrennstoffe) und die Wasserkraft mit 8 % [20]. Strom aus erneuerbaren Energien ist allerdings keineswegs CO_2-frei, bestenfalls kann er CO_2-arm sein.

Bioenergie / Biogas: Das Nitrat- und Klima-Problem

Die Nutzung von Biomasse (Bioenergie) sollte Vorteile im Hinblick auf die Treibhausgasemissionen aufweisen, da das emittierte CO_2 wiederum in Pflanzen gebunden würde, also eine Art geschlossener Kreislauf entstehen würde. Theoretisch wären dann die zurechenbaren CO_2-Emissionen durch die Nutzung von Biomasse sehr gering. Praktisch ist dies aber nicht der Fall, da z. B. die Gewinnung von Biogas mit einer energieaufwendigen Kultivierung, Ernte und Verarbeitung der Energiepflanzen verbunden ist. Dadurch weist der produzierte Strom aus Biogasanlagen einen hohen spezifischen Emissionsfaktor von 400 g CO_2-eq / kWh auf [29]. Dies ist der höchste Wert von allen erneuerbaren Energien und entspricht in etwa dem Emissionsfaktor von Strom aus Gaskraftwerken.

Für eine ökobilanzierende Betrachtung von Strom aus Biogasanlagen sind weitere Aspekte zu berücksichtigen, wie z. B. direkte und indirekte Landnutzungsänderungen. Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen und Energiepflanzen benötigt Land, viel Land. Inzwischen werden dafür rund 20 % der landwirtschaftlichen Ackerflächen benötigt, vor allem für den Anbau von „Energiemais". Aufgrund der hohen Vergütung für „Biostrom" von derzeit rund 19 Cent / kWh [7] wurden auch viele ehemals extensiv genutzten Grünland- und ungenutzte Brachflächen durch Pflügen in Ackerland umgewandelt. Ein Teil des im Boden vorhandenen organischen Stickstoffs wird durch das Pflügen in lösliches Nitrat oxidiert. Durch diese Mobilisation können die Nitratwerte im Grundwasser unter diesen Flächen extrem steigen – bis hin zu Konzentrationen von > 2000 mg NO_3 / l [28].

Um die nun fehlenden Flächen auszugleichen – vor allem für die Futtermittelproduktion – wird Tierfutter in Form von Soja aus Brasilien hinzugekauft; dafür muss dann dort oft der Regenwald weichen [39]. Deutschland besitzt eine Ackerfläche von rund 12 Mio. Hektar, nutzt global gesehen inzwischen aber eine Ackerfläche von rund 22 Mio. Hektar [4]. Durch den Import der Futtermittel bleibt aber die Gülle- und Nitratproblematik erhalten bzw. wird verschärft, da nun zusätzlich die hoch stickstoffhaltigen Gärreste der Biogasanlagen, sozusagen die Gülle der Bioenergie, auf den Äckern entsorgt werden. Neben dem Stickstoffanteil der Gülle aus der Tierhaltung von ungefähr 500.000 Tonnen / Jahr kommen nun noch zusätzlich nahezu 300.000 Tonnen Stickstoff / Jahr aus den Gärresten hinzu [14].

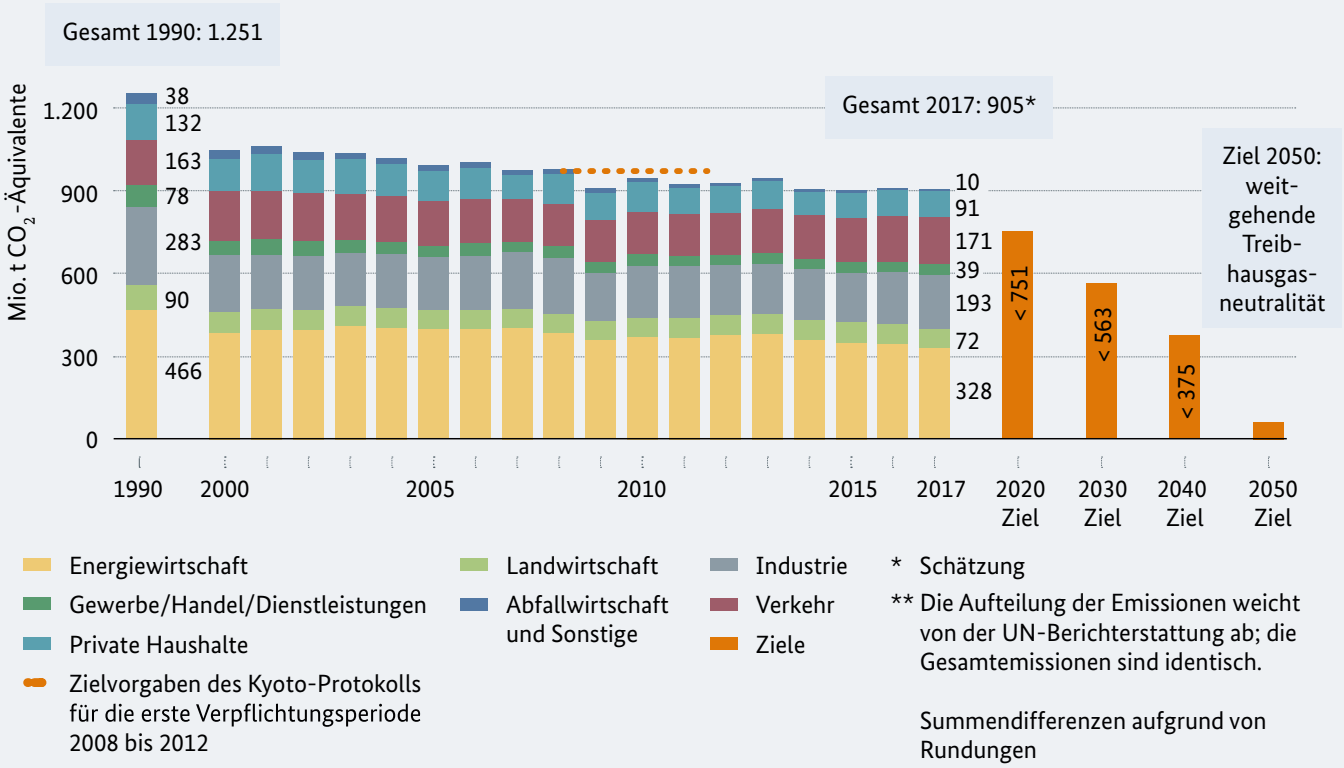
Derzeit geht zudem mengenmäßig etwa die Hälfte der Freisetzungen von wassergefährdenden Stoffen von den rund 9000 Biogasanlagen aus, z. B. durch undichte Gärrestelager [18]. Biogasanlagen produzieren Methan – dabei entweichen rund 5 % unkontrolliert in die Atmosphäre, insgesamt sind dies ca. 7,5 Mio. Tonnen CO_2-eq bzw. 0,8 % der deutschen Treibhausgasemissionen [18]. In der aktuellen Studie kommt das Umweltbundesamt zum Fazit: „Damit können Biogasanlagen in der Gesamtbetrachtung sogar eine negative Klimabilanz aufweisen, d.h. mehr Emissionen an klimaschädlichen Gasen verursachen als einsparen, was mit dem Sinn ihrer Förderung über das EEG, Treibhausgasemissionen zu reduzieren, unvereinbar ist." [18].

Strom aus Biogasanlagen weist einen ebenso hohen spezifischen Emissionswert für CO_2 wie Strom aus Gaskraftwerken auf. Er ist aber erheblich teurer und der hierfür nötige landwirtschaftliche Anbau der Pflanzen verursacht zahlreiche negative Folgewirkungen. Daher sollte Strom aus Biogasanlagen nicht länger subventioniert werden.

Wasserkraft: Nur begrenzt ausbaubar

Da die Anlagen sehr langlebig sind, weist die Wasserkraft von allen Erneuerbaren mit 4 g CO_2-eq / kWh die niedrigsten Emissionen auf [29]. Eine weitere Ausbaufähigkeit

Abbildung 1. Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren



mit frdl. Genehmigung des Umweltbundesamts [5].

ist jedoch kaum gegeben. So wurden im Zeitraum 2000–2018 mehr als 4 Mrd. Euro in die Wasserkraft investiert, und die installierte Leistung stieg von 4,8 GW im Jahr 2000 auf 5,6 GW (2018). Doch bei der Stromerzeugung erfolgte dadurch keine Steigerung – sie schwankt seit 1990 in der Regel um 20 TWh pro Jahr [8].

Geothermie: Risikoreiche Erschließung

Bei der Geothermie kann zwischen einer tiefen und einer eher oberflächennahen Geothermie (v. a. Nutzung durch Wärmepumpen, s. unten) unterschieden werden. Ein Potenzial für Tiefen-Geothermie ist in Deutschland regional durchaus vorhanden. Allerdings ist die Erschließung in der Regel mit erheblichen Kosten und Risiken verbunden (z. B. Bodenhebungen und -senkungen, Erdbeben) [31]. Auch aufgrund von Bürgerprotesten werden die hierdurch gewonnenen Energiemengen wahrscheinlich vernachlässigbar niedrig bleiben.

Volatilität ist kaum auszugleichen

Mit Volatilität werden die (teils extremen) Schwankungen bei der Stromproduktion durch erneuerbare Energien bezeichnet. Die Volatilität hat unterschiedliche Dimensionen [23, 24]. So lieferte die Windenergie (on-shore und off-shore) im Januar 2018 nahezu 15 TWh Strom, während es im Februar 2018 nur rund 8 TWh Strom waren [10]. Bei der Photovoltaik sind die monatlichen Schwankungen primär vom Sonnenstand abhängig: Während sie im Juli 2018 nahezu 7 TWh Strom lieferte, waren es im Dezember 2018 nur ca. 0,5 TWh Strom [11]. Glücklicherweise findet im Jahresverlauf

Tabelle 1. Gebräuchliche Dimensionen im Energiebereich

Leistung (z. B. installierte Kapazität)		Arbeit (z. B. produzierte Energiemenge)	
1 W (Watt)	1 W	1 Wh (Wattstunde)	1 Wh
1 kW (Kilowatt)	10^3 W	1 kWh (Kilowattstunde)	10^3 Wh
1 MW (Megawatt)	10^6 W	1 MWh (Megawattstunde)	10^6 Wh
1 GW (Gigawatt)	10^9 W	1 GWh (Gigawattstunde)	10^9 Wh
1 TW (Terawatt)	10^{12} W	1 TWh (Terawattstunde)	10^{12} Wh

ein Ausgleich zwischen diesen beiden Energien statt, da die Windenergie in den Wintermonaten mehr Strom liefert.

Die Hoffnung, ein deutschlandweiter Ausbau der Windenergie würde die Volatilität glätten (Motto: „irgendwo weht immer Wind"), erwies sich als Trugschluss. Obwohl zwischen 2010 und 2016 die installierte Leistung der Windenergie (on-shore und off-shore) von rund 27 GW auf 50 GW stieg, blieb die minimale Einspeisung im Jahresverlauf nahezu unverändert – 2010: 0,12 GW; 2016: 0,14 GW [26]. 99 % der Windkraftkapazität müssen deshalb durch andere Kraftwerke oder Energiespeicher vorgehalten werden, um eine Versorgungssicherheit zu gewährleisten [26]. Normal sind zudem 10- bis 14-tägige Schwachwindphasen, in denen nur geringe Strommengen eingespeist werden [26].

Sogar bei einem europäischen Verbundsystem der Windparks müssten 94–95 % der Leistung durch andere Kraftwerke oder Energiespeicher abgesichert werden. Zugleich würden sich die Transportverluste erhöhen, die allein innerhalb eines europäischen Landes im Mittel bei etwa 6,6 % der eingespeisten Jahresenergie liegen. Dies zeigt aber auch: Mit Überschüssen und Mangelsituationen haben bei einem Ausbau der Windenergie alle europäischen Länder in Zukunft gleichzeitig zu rechnen [27].

Den Bedarf an gleichbleibenden Mengen an Strom kann die Windenergie selbst bei einem europaweiten Ausbau ohne weitere Neuerungen kaum ausgleichen, weil die Schwankungen in der Produktion zu groß sind.

Netzausbau und Speicherproblematik

Wie lässt sich die zunehmende Volatilität am besten managen? Eine Studie des Verbandes der Elektrotechnik (VDE) kommt zu folgender Reihenfolge:

1. Nutzung von Energieeffizienz-Potenzialen,
2. ein deutlicher Ausbau der Netze und
3. die Flexibilisierung vorhandener sowie der Zubau neuer thermischer Kraftwerke.

„Erst danach können verbleibende Probleme wirtschaftlich mit Speichern gelöst werden." [38].

Vor der Energiewende war das Stromnetz im Wesentlichen ausgebaut. Die Energiewende verändert dies nun radikal [23, 24]. So wird im Norden Deutschlands – sinnvollerweise – viel Windstrom erzeugt (off-shore und on-shore), der nun in die Verbrauchszentren im Süden transportiert werden muss, wo Atomkraftwerke vom Netz gehen. Insgesamt erhöhen sich sowohl die zu übertragenden Leistungen als auch die Übertragungsentfernungen, und damit auch die Energieverluste [9]. Die Rede von der Dezentralität der erneuerbaren Energien verschleiert dies.

Die größten Stromspeicher Deutschlands stellen die mehr als 30 Pumpspeicherkraftwerke dar, mit einer Leistung von ca. 6,5 GW und einer Speicherkapazität von rund 48 GWh, d. h. sie können knapp 1 Stunde des Stromverbrauchs in Deutschland (ca. 50–75 GWh) speichern. Der Zykluswirkungsgrad liegt bei rund 80 % [37]. Pumpspeicher dienen zum Ausgleich von Überschüssen / Defiziten im Stromsystem im Tagesverlauf. Der größte europäische Batteriespeicher (Lithium-Ionen) wurde 2018 im Norden Deutschlands in Betrieb genommen und hat eine Speicherkapazität von 0,05 GWh. Das Investitionsvolumen lag bei mehr als 30 Mio. Euro (= ca. 600 Euro / kWh Speicherkapazität); theoretisch könnte er rund 5000 Haushalte 24 Stunden mit Strom versorgen. Doch auch dieser Batteriespeicher dient vor allem zur Stabilisierung des Stromnetzes im Tagesverlauf [33].

Für alle Speicher gilt: Je länger eingespeichert werden soll, desto höher die Kosten, da die hohen fixen Kosten auf eine immer geringere Strommenge umgelegt werden müssen. Gleiches gilt im Übrigen auch für den „ökologischen Rucksack" (Rohstoffe, CO_2). Deshalb werden für eine längere Speicherdauer von Tagen bis zu Monaten andere Lösungen geprüft, wie z. B. Power-to-Gas, die Produktion von Wasserstoff mittels elektrischer Hydrolyse von Wasser mit Wirkungsgraden von 70–80 %. Aufgrund der überwiegend fixen Anlagenkosten setzt ein rentabler Betrieb aber eine hohe Ausnutzung voraus [16]. Eine weitere Option wäre Power-to-Heat, die Nutzung des Überschussstroms im Wärmebereich.

Die größten Stromspeicher Deutschlands, die Pumpspeicherkraftwerke, können derzeit nur die Menge Strom speichern, die in Deutschland in 1 Stunde verbraucht wird.

Stromqualität: Sekundenschnelle Anpassung an Bedarf

Öffentlichkeit und Medien unterschätzen meist die Komplexität der Elektrizitätsversorgung. So müssen Stromangebot und Strombedarf sozusagen sekündlich auf gleichem Niveau gehalten werden, sprich: Bei Minder- oder Mehrbedarf muss sofort eine Anpassung der eingespeisten Strommengen stattfinden. Um Schäden an elektronischen Bauteilen oder Geräten zu vermeiden, müssen Frequenz und Spannung äußerst stabil gehalten werden. Die fossilen Kraftwerke können dies problemlos sicherstellen, da z. B. die großen rotierenden Massen der Generatoren eine stabilisierende Wirkung ausüben. Zudem verfügen diese Kraftwerke über die Fähigkeit eines „Schwarzstarts", d. h. sie können bei einem Zusammenbruch des Stromnetzes (Black-out) dieses wieder aufbauen. Viele dieser Aufgaben können von Wind- und Sonnenenergie nicht oder nur eingeschränkt übernommen werden. Auch aus diesem Grund

sind einfache Preisvergleiche (Tenor: „Windstrom ist schon günstiger als fossiler Strom …“) nicht sinnvoll, unabhängig von dem fast „unbezahlbaren“ Aspekt der gesicherten (witterungsunabhängigen) und regelbaren Elektrizitätsbereitstellung.

> Fossile Kraftwerke können Stromspannung und -frequenz sekundenschnell anpassen und auch nach Zusammenbruch des Stromnetzes die Produktion wieder starten. Beides ist bei erneuerbaren Energien kaum oder gar nicht möglich.

Zukünftige Unwägbarkeiten

Ab dem Jahr 2020 endet für viele Anlagen ihre 20 Jahre laufende Förderung aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Bei der Windenergie sind bis 2025 Anlagen mit einer Gesamtleistung von rund 17 GW davon betroffen – also etwa ein Drittel des derzeitigen Bestandes [40]. Ein Repowering, also der Neubau einer Anlage mit neuer Förderung, wird maximal bei der Hälfte der Anlagen erlaubt sein. Ist dies nicht möglich, weil sich z. B. die Zulassungsvorschriften an dem Standort geändert haben, so muss zumindest die Standsicherheit der alten Anlage vor dem Weiterbetrieb überprüft werden [40].

Bei der Windenergie beginnen zudem die Flächen knapp zu werden – derzeit werden rund 20 % aller Anlagen in Waldflächen errichtet; pro Anlage werden dafür bis zu 1 ha Wald gerodet [17]. Damit sind jedoch erhebliche Probleme verbunden [25]. Auch aus diesem Grund wehren sich inzwischen mehr als 1000 Bürgerinitiativen gegen einen Ausbau der Windenergie, aber auch wegen Einflüssen auf die Immobilienpreise [21] oder aufgrund der kontrovers diskutierten Infraschallproblematik [2].

Ausblick: Notwendige Erzeugungs- und Speicherkapazitäten bis 2050

Drei unabhängig voneinander erstellte Studien zur Situation im Jahr 2050 kommen zum Ergebnis, dass bei einer damalig geplanten Reduktion der Treibhausgase in Höhe von 80–95 % über alle Sektoren, also auch Wärme und Verkehr, die installierte Leistung von Windenergie und Photovoltaik-Anlagen von derzeit 105 GW auf mindestens 250 GW und bis zu 600 GW erhöht werden muss. Dabei sind 600 GW erforderlich, wenn keine Importe von synthetischen erneuerbaren Energieträgern erfolgen sollen. Um eine kurzfristige Flexibilität sicherzustellen, sind zudem Batteriespeicher mit einer Leistung (!) von 10 GW bis 190 GW erforderlich.

Zur Überbrückung von längeren Zeiträumen ohne Wind und Sonne sind weiterhin – je nach Kapazitätsausbau dieser beiden Energien – 2050 zwischen 66 und 137 GW an regelbaren Kraftwerkskapazitäten notwendig. 2018 waren 100 GW in Deutschland vorhanden. Dafür sollen vor allem flexible Gaskraftwerke und Gasturbinen zum Einsatz kommen, die dann allerdings nur noch mit einer sehr geringen Auslastung betrieben werden und entsprechend vergütet werden müssen [13].

Erneuerbare Energie im Bereich Wärme

In dem sektorenübergreifenden Bereich Wärme und Kälte war im Jahr 2017 ein Endenergiebedarf in Höhe von 1457 TWh erforderlich [12] – dies sind rund 57 % des gesamten End-energiebedarfs von rund 2591 TWh. Diese Energienutzung war ungefähr, genaue Zahlen fehlen hier, mit einem CO_2-Ausstoß von rund 300 Mio. Tonnen verbunden.

Die Nutzung der Wärme wird dominiert von den Haushalten mit 44 %, es folgt die Industrie mit 39 % und Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) mit 17 %. Die Art der Wärmenutzung verteilt sich auf [12]:

- 48 % für die Raumwärme,
- 39 % für die Prozesswärme,
- 9 % für Warmwasser und
- 4 % für Klima- und Prozesskälte.

Im gesamten Bereich betrug der Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2017 rund 171 TWh; dies entspricht einem Anteil von rund 12 %. Allerdings wurde dieser Wert schon 2010 erreicht und hat sich seitdem kaum verändert [12]. Beim Einsatz von erneuerbaren Energien stammen ca. 147 TWh aus dem Einsatz von biogenen Brennstoffen (vor allem Holz), 15 TWh aus der Nutzung von Umweltwärme (Wärmepumpen) und 9 TWh aus der Solarthermie. Fast zwei Drittel der erneuerbaren Wärme wurde dabei im Bereich der Haushalte genutzt, wo inzwischen (2017) ca. 1 Mio. Wärmepumpen und 2,3 Mio. solarthermische Anlagen installiert sind [12].

Während die energetische Nutzung von Holz (in geschlossenen Feuerungsanlagen) und die Solarthermie nur Emissionsraten von etwas über 20 g CO_2-eq / kWh aufweisen, betragen diese bei der oberflächennahen Geothermie und der Umweltwärme (Wärmepumpen) 191 g CO_2-eq / kWh [29].

> Im Bereich Wärme liefern erneuerbare Energien einen Anteil von 12 %; dies ist unverändert seit 2010.

Erneuerbare Energien im Verkehr

Der Verkehr hat „Gas“ gegeben. Seit 1990 ist hier der Endenergieverbrauch stark gestiegen (Abb. 2). Mit einem Endenergiebedarf von 765 TWh 2017 ist es nun zudem der Sektor mit dem höchsten Endenergiebedarf und einem Anteil von nahezu 30 %.

2017 betrugen die Treibhausgasemissionen des Verkehrsbereichs 167 Mio. Tonnen CO_2-eq; dies entspricht einem Anteil von mehr als 18 % an den Gesamtemissionen (907 Mio. Tonnen) [36]. Der Anteil der mehr als 45 Mio. Pkw an diesen Emissionen betrug 2015 etwa 61 % [5].

Die Nutzung von erneuerbaren Energien ist im Verkehrsbereich mit einem Anteil von 5,6 % (etwa 43 TWh) sehr niedrig und hat sich in den vergangenen 10 Jahren kaum verändert. Dabei überwiegt die Nutzung von Biokraftstoffen, der Einsatz von erneuerbarer elektrischer Energie hat nur einen geringen Anteil [34]. Die spezifischen Emissionen für Biodiesel und Bioethanol liegen bei 50–60 g CO_2-eq / kWh [7] – ohne die Auswirkungen der direkten und indirekten Landnutzungsänderungen (s. Biogas). Aufgrund der schlechten Bilanzen ist europaweit eine Abkehr von Biokraftstoffen festzustellen [3].

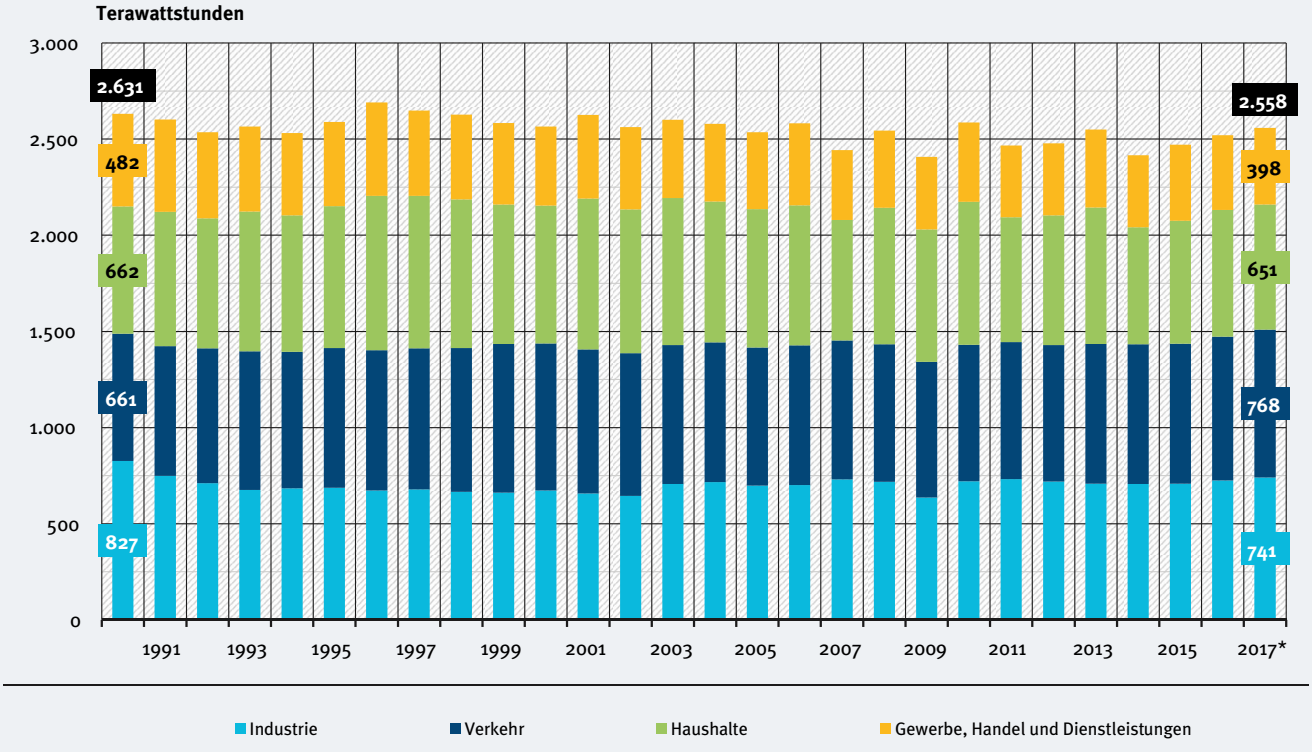
In Zukunft sollen die Elektromobilität und der Einsatz strombasierter Kraftstoffe den Verkehrssektor langfristig treibhausgasneutral gestalten. Dazu sind aber enorme Elektrizitätsmengen erforderlich: 2030 rund 200 TWh, 2040 fast 700 TWh und 2050 dann rund 1200 TWh pro Jahr. Dabei zeichnet sich ab: „Das inländische Potenzial für die Erzeugung von Strom aus Sonne, Wind und Wasserkraft ist im Verhältnis zu den für die Kraftstoffproduktion benötigten Mengen begrenzt – das gilt mit Blick auf gesellschaftliche Akzeptanz, aber auch mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit der Standorte. In Zukunft könnten daher strombasierte Flüssigkraftstoffe im Ausland kostengünstiger produziert und nach Deutschland importiert werden.“ [3].

Der Verkehr verursacht mehr als 18 % der gesamten Treibhausgasemissionen. Erneuerbare Energien machen hier seit rund 10 Jahren gleichbleibend nur 5,6 % aus, die größte Rolle spielen dabei Biokraftstoffe. E-Mobilität und strombasierte Flüssig-Kraftstoffe sollen Emissionen einsparen.

Defizite bei Effizienzsteigerung und Einsparung

Die Energiewende kann nur funktionieren, wenn zugleich eine Effizienzsteigerung, aber auch Einsparung beim Energieverbrauch erfolgt. Außerdem ist eine möglichst hohe Anpassung des Energiebedarfs an Zeiten eines hohen

Abbildung 2. Entwicklung des Endenergiebedarfs einzelner Bereiche in Deutschland



* vorläufige Angaben

mit frdl. Genehmigung des Umweltbundesamts [35]

Energieaufkommens notwendig, d. h., in allen Bereichen ist auch eine Flexibilisierung des Energiekonsums anzustreben. Diese Ziele wurden bisher nur in Ansätzen erreicht, die geplanten Energie-Einsparungen weitestgehend verfehlt. Dies gilt insbesondere für die Bereiche Verkehr und Haushalte, wie die Abb. 2 erkennen lässt. Rebound-Effekte, wie beispielsweise der Anstieg der Wohnfläche je Einwohner haben die Einsparungen beim Heizbedarf je Quadratmeter weitgehend wieder aufgehoben [22].

Geplante und notwendige Einsparungen von Energie wurden vor allem im Bereich Haushalt und Verkehr in Deutschland bisher nicht erzielt.

Zusammenfassende Bewertung des Einsatzes von erneuerbaren Energien

Während im Strombereich der **Ausbau der erneuerbaren Energien** zügig vorangeschritten ist, stagniert er in den anderen Bereichen seit rund einem Jahrzehnt. Bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland in Höhe von 2591 TWh (2017, s. Abb. 2) haben die erneuerbaren Energien mit etwa 425 TWh einen Anteil von rund 16 %.

Die **Volatilität** der Stromversorgung und die damit verknüpften Probleme werden zunehmen, da nur noch sehr witterungsabhängige Windenergie und Solarenergie sinnvoll ausbaufähig sind.

Die **Produktion von Strom aus Wind und Sonne** ist kostengünstiger geworden, dafür nehmen die Kosten (aber auch die Klimaauswirkungen) in anderen Bereichen nun stetig zu: Netzausbau, Speicherproblematik etc. Der zukünftige Ausbau ist zudem mit Unsicherheiten (Akzeptanz etc.) verbunden.

Reduktion der Treibhausgase: Was ist bisher passiert?

Erneuerbare Energien sind in der Regel nicht CO_2-frei, bestenfalls CO_2-arm wie Wasserkraft oder die Windenergie (11 g CO_2-eq / kWh). So hat die Photovoltaik (67 g CO_2-eq / kWh) 2017 rund 2,7 Mio. Tonnen Treibhausgase produziert, zugleich aber rund 26,9 Mio. Tonnen vermieden, da sie Emissionen im fossilen Kraftwerksbereich von 681 g CO_2-eq / kWh ersetzt. Daraus resultiert eine Treibhausgaseinsparung von ca. 24 Mio. Tonnen [29]. Insgesamt wurden im Strombereich 135 Mio. Tonnen Treibhausgase vermieden [29]. Die genauen Zahlenangaben geben die Realität nur teilweise wieder. So fallen fast die gesamten CO_2-Emissionen bei Wind- und Sonnenenergie schon bei der Produktion und Errichtung der Anlagen an und werden dann rechnerisch auf die Kilowattstunde verteilt. Die Minderung von 15 Mio. Tonnen CO_2 je Jahr aus der Wasserkraft war bereits 1990 weitgehend vorhanden.

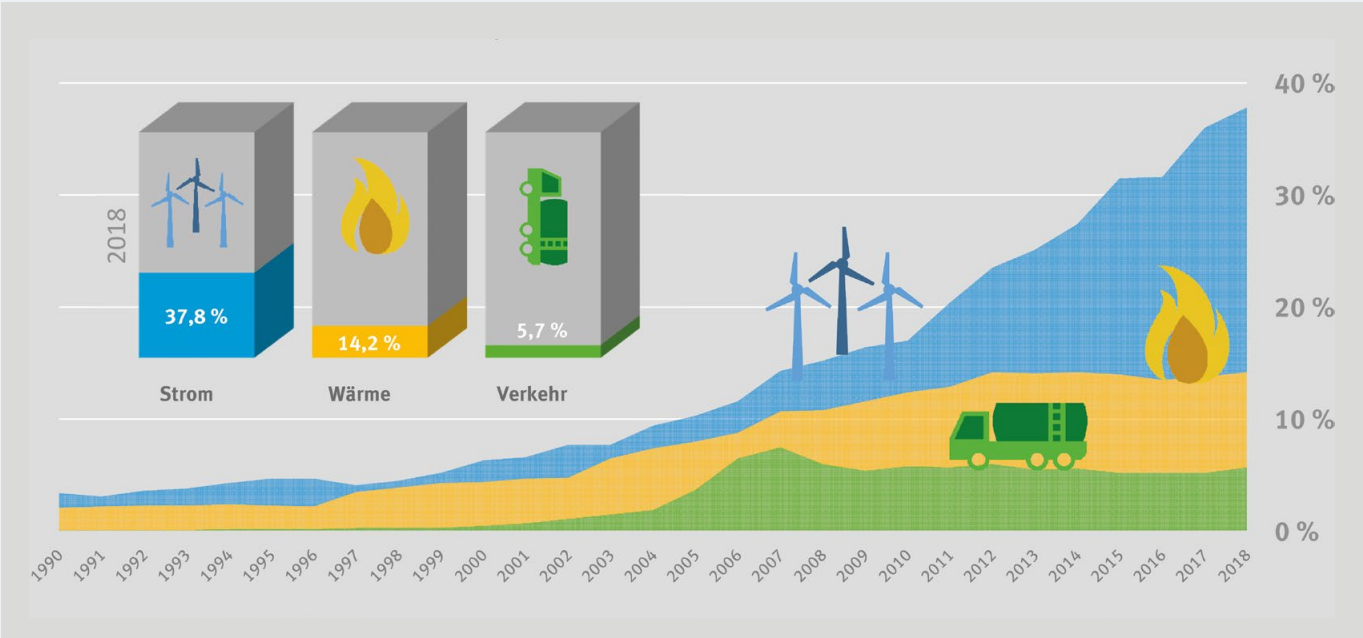
Im Bereich Wärme wurden rund 35 Mio. Tonnen und im Verkehr ca. 7 Mio. Tonnen Treibhausgase vermieden. Die Gesamteinsparung durch die Erneuerbaren beträgt somit rund 177 Mio. Tonnen CO_2-eq im Jahr 2017 [29].

Eine zusätzliche Reduktion von Treibhausgasen erfolgte durch den Anstieg der Stromproduktion aus Erdgas von 49 TWh im Jahr 2000 auf 87 TWh im Jahr 2017, während sie zugleich bei der Steinkohle von 143 TWh auf 93 TWh zurückging [1]. Da bei der Nutzung von Erdgas etwa 470 g CO_2 / kWh weniger gegenüber Steinkohle emittiert werden, ergibt sich eine Treibhausgasreduktion in Höhe von ca. 18 Mio. Tonnen.

Aufgrund dieser Entwicklungen hätten rein rechnerisch im Strombereich rund 195 Mio. Tonnen Treibhausgase zwischen 2000 und 2017 eingespart worden sein müssen, es ist jedoch nur ein Rückgang von rund 61 Mio. Tonnen (von 386 auf 325 Mio. Tonnen) zu verzeichnen [6].

Der Hauptgrund für diese Differenz liegt darin, dass **im Jahr 2000 noch rund 170 TWh Strom aus der Atomenergie** bereitgestellt wurden, **2017 waren es noch 76 TWh**. Da die Kernenergie mit Emissionen von 32 g CO_2-eq / kWh [30] weitgehend den Grundlaststrom aus Braunkohle (ca. 1000 g CO_2-eq / kWh) verdrängt, entsprechen die 170 TWh Atomstrom einer jährlichen Treibhausgasminderung von ca. 165 Mio. Tonnen – mit abnehmender Tendenz bis 2022, dann geht das letzte Kernkraftwerk vom Netz.

Abbildung 3. Anteile erneuerbarer Energien in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr



mit freundlicher Genehmigung des Umweltbundesamts; **Quelle:** Erneuerbare Energien in Zahlen (https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#textpart-1), 2019.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass der gesamte Ausbau der erneuerbaren Energien bis 2017 im Hinblick auf die Treibhausgase nur den schon erfolgten bzw. den zukünftigen Wegfall der Atomenergie kompensiert hat – nicht weniger, aber auch nicht mehr.

CO_2-Reduktion und die Kosten

Ist die Reduktion von CO_2-Emissionen durch den Einsatz von erneuerbaren Energien im Strombereich effizient? Kostspielig ist sie allemal. So betrugen 2017 allein die Kosten für die Subventionierung der erneuerbaren Energien auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG-Umlage) rund 24 Mrd. Euro [7]. Bezogen auf die Reduktion von 177 Mio. Tonnen im Jahr 2017 ergibt sich ein jährlicher Vermeidungspreis von ca. 136,00 € / Tonne CO_2. Zum Vergleich: Im europäischen Emissionshandel kostet die Tonne CO_2 derzeit etwas mehr als 20,00 €. Dieser wird aber in den kommenden Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit steigen, sodass die Differenz geringer wird.

Auch im Jahr 2050 sind hohe konventionelle Stromerzeugungskapazitäten notwendig. Diese könnten zum Teil mit importierten erneuerbaren Energieträgern betrieben werden, ebenso Teile des Verkehrs. Die energetische Importabhängigkeit Deutschlands bleibt da-mit erhalten, dies gilt auch für den Import von knappen Rohstoffen (Kupfer, Lithium etc.).

Fazit

Die Analyse zeigt: Sich als Klimaweltmeister zu fühlen, beruhte für Deutschland weitgehend auf einem Glücksfall der Geschichte. Und der Ausbau der erneuerbaren Energien ist im Vergleich zum gesamten Energiebedarf gering, und relativiert sich nochmals im Hinblick auf den Klimaschutz durch den Ausstieg aus der Kernenergie.

Aber Deutschland ist ein Land, welches Illusionen liebt. Es liebt Autos, die immer größer und stärker – und auf dem Papier auch immer „umweltfreundlicher“ werden. Die Betrügereien der Automobilindustrie konnten auch deshalb stattfinden, weil die meisten Konsumentinnen und Konsumenten diese Illusionen gerne glauben wollten. Es hat den Anschein, dass sich im Hinblick auf die erneuerbaren Energien wieder etwas Ähnliches abspielt. Mehr als 90 % der Bevölkerung sind für einen Ausbau der erneuerbaren Energien, ohne eine Vorstellung davon zu haben, wie begrenzt derzeit die dadurch gewonnenen Energiemengen sind und welche enormen Probleme mit einem weiten Ausbau verbunden sind. Aber es wäre doch so schön: Wir brauchen uns nicht zu ändern, sondern nur ein paar Windräder und Solardächer mehr aufzustellen, deren Strom zudem immer günstiger wird. Dabei geraten die anderen wichtigen Aufgabenstellungen der Energiewende – Steigerung der Energieeffizienz und Einsparung von Energie – zunehmend aus dem Blickwinkel.

Es ist auch eine Illusion zu glauben, Deutschland könne die Energiewende autark stemmen – dazu fehlen einfach die Flächen. Letztlich werden die Importe von fossilen Energien zukünftig mehr und mehr durch Importe von Energie bzw. Energieträgern mit einem geringen CO_2-Ausstoß sowie von begrenzt vorhandenen Metallen und Rohstoffen ersetzt werden. Nachhaltigkeit sieht eigentlich anders aus.

Dr. Hans-Jürgen Leist …

… ist Agraringenieur und promovierter Sozialwissenschaftler, zusätzlich hat er eine einjährige Ausbildung zur „Fachkraft für Umweltschutz" absolviert. Während der universitären Tätigkeiten standen disziplinübergreifende Probleme der Wasser- und Energieversorgung im Mittelpunkt.
mail@hans-juergen-leist.de

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1 AG Energiebilanzen. Stromerzeugung nach Energieträgern. 2019. https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20181214_brd_stromerzeugung1990-2018.pdf (20.6.02019)

2 Ärzte für Immissionsschutz. Positionspapier zu Gesundheitsrisiken beim Ausbau der Erneuerbaren Energien. 2015. https://aefis.jimdo.com/downloads/ (1.7.2019)

3 Bergk F, Knörr W, Lambrecht U et al. Klimaschutz im Verkehr: Neuer Handlungsbedarf nach dem Pariser Klimaschutzabkommen. Umweltbundesamt Berlin. Texte 45/2017: 18. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-07-18_texte_45-2017_paris-papier-verkehr_v2.pdf (20.6.2019)

4 Bruckner M, Giljum S, Fischer G et al. Entwicklung von konsumbasierten Landnutzungsindikatoren. Umweltbundesamt Berlin, Texte 81/2017: 20. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-von-konsumbasierten (13.6.2019)

5 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2018): Klimaschutz in Zahlen. Berlin; 2018: 24. https://www.bmuv.de (20.6.2019)

6 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018). https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Bilder_Infografiken/treibhausgasemissionen_2018.jpg (15.6.2019)

7 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. EEG in Zahlen: Vergütungen, Differenzkosten und EEG-Umlage 2000 bis 2019. Berlin 2018. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/eeg-in-zahlen-pdf.pdf%3F__blob%3DpublicationFile (1.7.2019)

8 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Berlin 2019. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland-1990-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=20 (17.6.2019)

9 Bundesnetzagentur. Bericht zur Auswertung der Netzzustands- und Netzausbauberichte der dt. Übertragungsnetzbetreiber. Bonn 2011: 39. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2011/20110314BerichtNetzzustandNetzausbaupdf.html (1.7.2019)

10 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) 2019. https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/stromerzeugung-windkraftanlagen-gesamt/ (17.6.2019)

11 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) 2019. https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/stromerzeugung-photovoltaikanlagen/ (20.6.2019)

12 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland. Berlin 2019. https://www.bdew.de/media/documents/20190529_Waermeverbrauchsanalyse-Foliensatz-2019_42oo8Va.pdf (20.6.2019)

13 Deutsche Energie-Agentur et al. Expertise bündeln, Politik gestalten – Energiewende jetzt! Essenz der drei Grundsatzstudien zur Machbarkeit der Energiewende bis 2050 in Deutschland. Berlin 2019. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Themen_und_Projekte/Energiesysteme/dena-Leitstudie/Expertise_buendeln_Studienvergleich.pdf (16.6.2019)

14 Deutscher Bauernverband. Faktencheck Stickstoff, Landwirtschaft und Umwelt. Berlin 2017: 4. https://media.repro-mayr.de/65/705565.pdf (16.6.2019)

15 Ehrhardt H. (2012): Energiebedarfsprognosen. In: Ehrhardt H, Kroll T, Hrsg. Energie in der modernen Gesellschaft. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht; 2012: 212 (193-222)

16 Elsner P, Fischedick M, Sauer DU. Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050. acatech, Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. München; 2015: 40. https://www.acatech.de/publikation/flexibilitaetskonzepte-fuer-die-stromversorgung-2050-technologien-szenarien-systemzusammenhaenge/ (16.6.2019)

17 Fachagentur Windenergie an Land. Entwicklung der Windenergie im Wald. Berlin; 2018: 12. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Windenergie_im_Wald/FA-Wind_Analyse_Wind_im_Wald_3Auflage_2018.pdf (18.6.2019)

18 Fendler R, Hermann T, Reuter M et al. Biogasanlagen – Sicherheitstechnische Aspekte und Umweltauswirkungen. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau; 2019: 6. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2019_04_10_uba_hg_biogasanlagen_bf_300dpi.pdf (16.6.2019)

19 Finanz Nachrichten vom 4.7.2019. Online: https://www.finanznachrichten.de/nachrichten-2019-07/47113605-umfrage-mehrheit-sieht-zu-wenig-engagement-beim-klimaschutz-003.htm (4.7.2019)

20 Fraunhofer ISE. Öffentliche Nettostromerzeugung 2018. Pressemeldung 2019. https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/nettostromerzeugung-2018.html (5.9.2019)

21 Frondel M, Kussel G, Sommer S, Vance C. Local Cost for Global Benefit: The Case of Wind Turbines. Ruhr Universität Bochum 2019. https://www.researchgate.net/publication/331935648_Local_Cost_for_Global_Benefit_The_Case_of_Wind_Turbines (1.7.2019)

22 Leist H-J. Wie effizient ist die Energieeffizienz wirklich? Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin in Klinik und Praxis 2014; 1: 24. https://www.gpau.de/fileadmin/user_upload/GPA/dateien_indiziert/Sonstiges/Paed._Allergologie_1-2014_Umwelt.pdf (4.9.2019)

23 Leist J. Baustellen der Energiewende Teil 1. Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis 2015; 2: 30–35. https://www.gpau.de/media/2015/pdfs/PaedAll_2_2015_Umwelt.pdf

24 Leist J. Baustellen der Energiewende Teil 2. Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis 2015; 3: 40 https://www.gpau.de/media/2015/pdfs/Paed_All_eJournal_3_2015_Umweltmedizin.pdf (4.6.2019)

25 Lingenhöhl, D. Windkraft im Wald – Mehr Schaden als Nutzen. spektrum.de vom 12.1.2016. https://www.spektrum.de/kolumne/windkraft-im-wald-mehr-schaden-als-nutzen/1392939 (18.6.2019).

26 Linnemann T, Vallana GS. Windenergie in Deutschland und Europa – Teil 1. VGB Power Tech 2017; 6: 65–75. https://www.vgb.org/vgbmultimedia/PT201706LINNEMANN.pdf (18.6.2019)

27 Linnemann T, Vallana, GS. Windenergie in Deutschland und Europa – Teil 2. VGB Power Tech 2018; 10: 68–86 https://www.vgb.org/studie_windenergie_deutschland_europa_teil2.html?dfid=93715 (18.6.2019)

28 Magoulas G, Leist J, Grote U. Ökologisch orientierter Grund- und Trinkwasserschutz. München; Oldenbourg Verlag; 1996: 189

29 Memmler M, Lauf T, Schneider S Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau; 2018: 33. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-10-22_climate-change_23-2018_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2017_fin.pdf (13.6.2019)
30 Öko-Institut. Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung. Darmstadt; 2007. https://www.oeko.de/oekodoc/318/2007-008-de.pdf (20.6.2029)
31 Ponstingl J. Ist die Angst vor der Geothermie berechtigt? Süddeutsche Zeitung vom 15.11.2017. https://www.sueddeutsche.de/wissen/geothermie-unter-unseren-fuessen-1.3747216 (17.6.2019)
32 Quaschning V. Ziel verfehlt. Sonne Wind & Wärme 2006; 6: 32–36. https://www.volker-quaschning.de/artikel/Klima2006/index.php (17.6.2019)
33 Schmid A. Europas größter Batteriespeicher geht ans Netz. Edison-Handelsblatt vom 26.6.2018. https://edison.handelsblatt.com/erklaeren/europas-groesster-batteriespeicher-geht-ans-netz/22736988.html (1.7.2019)
34 Umweltbundesamt. Energieverbrauch für erneuerbare Kraftstoffe. 2019. https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-erneuerbare-kraftstoffe (20.6.2019)
35 Umweltbundesamt. Energieverbrauch nach Energieträgern, Sektoren und Anwendungen. 2019. https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren (20.6.2019)
36 Umweltbundesamt. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Bilder_Infografiken/treibhausgasemissionen_2018.jpg (3.9.2019)
37 Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE). Energiespeicher für die Energiewende. Frankfurt/Main 2012. https://www.vde.com/de/etg/publikationen/studien/etg-vde-studie-energiespeicher-fuer-die-energiewende (1.7.2019)
38 Verband der Elektrotechnik. Elektrische Energieversorgung auf dem Weg nach 2050. Frankfurt/Main 2013: 18. https://shop.vde.com/de/vde-leitfaden-elektrische-energieversorgung-auf-dem-weg-nach-2050-7 (16.6.2019)
39 Viering K. Auf dem Weg in die Maiswüste? Spektrum – Die Woche 2016; 37. https://www.spektrum.de/news/bioenergie-aus-mais-ist-umweltschaedlich/1422993 (18.6.2019)
40 Wetzel D. Der letzte Schrei der Ökostromszene. Die Welt vom 13.9.2018

Erneuerbare Energien, Klimaschutz und Nachhaltigkeit

Zur Problematik „Erneuerbare Energien, Klimaschutz und Nachhaltigkeit“ sind bereits einige Aufsätze im Journal „Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis“ erschienen [23–26]. Der vorliegende Beitrag setzt die kritischen Überlegungen mit einem Update fort, die in meinem Beitrag „Lösen die erneuerbaren Energien die Klimaproblematik?“ aus 2020 beschrieben sind. Er ist in diesem Kompendium inkl. der Quellenangaben (z. B. zur Bioenergie) auf. S. 40 nachzulesen. Im Folgenden sollen nun weitere Aspekte betont werden: Bedeutung der Nachhaltigkeit und einer globalen Perspektive, Gefahren der Biomasse-Nutzung, Spezifika erneuerbarer Energiesysteme, Rohstoffsituation und Effizienzaspekte, Einsparpotenziale der privaten Haushalte, Photovoltaik-Speichersysteme und Elektroautos.

Hans-Jürgen Leist, Hannover

Klimaschutz plus Nachhaltigkeit

Klimaschutz kann nur sinnvoll betrieben werden, wenn das Konzept einer nachhaltigen Entwicklung beachtet wird. Neben ökologischen sind zugleich ökonomische und soziale Aspekte – auch in einer globalen Dimension – zu berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund verlangt Klimaschutz eine beständige Abwägung mit diesen Zielen und Aspekten. Klimaschutz hat keinen Absolutheitsanspruch. Denn die Welt ist nicht nur von einem Klimawandel, sondern auch von zahlreichen anderen existenziellen Problemen bedroht: Hunger, Unterernährung, ungleiche Entwicklungen, kriegerische Auseinandersetzungen, Migration, Überbevölkerung, Konsumexplosion, Verschuldung, Bedrohung pflanzlicher und tierischer Arten und Ökosysteme (Regenwälder, Korallenriffe), Vermüllung der Ozeane, Ressourcenverbrauch, Pandemien etc.

Viele dieser Probleme werden durch den Klimawandel intensiviert, andere hingegen können durch Klimaschutzmaßnahmen verstärkt werden. Deshalb sind bei Klimaschutzmaßnahmen auch deren globale Aus- und Nebenwirkungen zu berücksichtigen. Es geht also nicht darum, den „Planeten

Deutschland“ möglichst schnell klimaneutral zu gestalten, sondern bei jedem Schritt eine Abwägung vorzunehmen, inwieweit Maßnahmen auch im Sinne einer globalen nachhaltigen Entwicklung sinnvoll sind.

CO_2-Emissionen: Ein Rekord jagt den nächsten

Global gesehen haben die energiebedingten CO_2-Emissionen 2021 mit 36,3 Mrd. t und einem Anstieg von 2 Mrd. t CO_2 gegenüber dem Vorjahr (die bisher höchste je gemessene Steigerung) einen neuen absoluten Höchststand erreicht [11]. Der direkte Anteil Deutschlands an dieser globalen Menge beträgt rund 2 %. Eine Bewertung dieser Zahl als hoch oder niedrig ist letztlich ohne Belang.

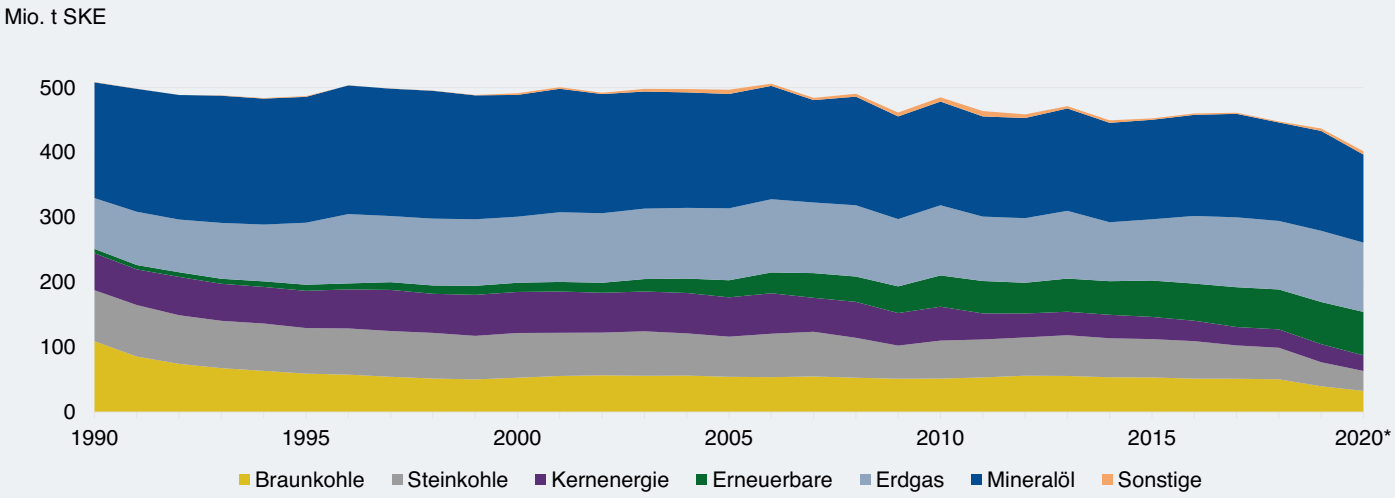
Als ein hochtechnisiertes Industrieland sollte Deutschland nicht nur die Emissionen im eigenen Land beachten, sondern durch Technologieentwicklungen und finanzielle Hilfen auch global am Klimaschutz mitwirken. Als ein positives Beispiel können hier die Förderung und Entwicklung bezahlbarer Photovoltaik und Windenergie gelten. Zu einem negativen Beispiel zählt die Produktion von „adipösen“ Automobilen, die einen hohen Ressourcen- und Energieverbrauch aufweisen – aber massenhaft exportiert werden. Leider hat Deutschland einige innovative Technologien, wie z. B. die technische Abscheidung von CO_2 bei Verbrennungsprozessen, die CCS-Technologie, nicht konsequent verfolgt. Dass global gesehen noch große Aufgaben vor uns liegen, zeigt sich auch daran, dass der Anteil der sogenannten neuen erneuerbaren Energien (Solar- und Windenergie sowie Geothermie) an der globalen Primärenergieversorgung 2019 nur 2,2 % betrug; mehr als 80 % wurden von fossilen Energieträgern bereitgestellt [9].

Energiewende, nicht Stromwende

Grundsätzlich sollte der Blick immer auf den Gesamtbereich der klimaaktiven Emissionen gerichtet sein, also z. B. auch auf die Methanemissionen aus dem Bereich der Tierhaltung, die durch unsere Art der Ernährung beeinflusst werden können. Der Energiesektor steht jedoch mit Abstand als größter Emittent klimaaktiver Gase im Mittelpunkt. Deshalb heißt es zu Recht Energiewende und nicht Stromwende. Da in der öffentlichen Diskussion überwiegend eine Fokussierung auf den Strombereich erfolgt, werden jedoch die Aufgaben, die vor uns liegen, unterschätzt. Zwar war der Anteil der erneuerbaren Energien im Strombereich mit 41,1 % im Jahr 2021 relativ hoch, dafür war er in den anderen Sektoren, bei der Wärme mit 16,5 % und im Verkehr mit 6,8 %, wesentlich geringer und weist kaum Zuwächse auf [30].

Insgesamt hatten die erneuerbaren Energien am deutschen Endenergieverbrauch 2021 einen Anteil von etwa 19 %; darauf bezogen beruhen 55 % auf der Nutzung von Biomasse, Windenergie folgt an zweiter Stelle mit 24 % [30]. Die Biomassenutzung erfolgt dabei durch z. B. Mais in Biogasanlagen, pflanzliche Öle in Dieselkraftstoffen oder Holzpellets bei der Wärmeerzeugung. Selbst wenn im nächsten Jahrzehnt rechnerisch 100 % des Stroms aus erneuerbaren Energien kommen würde, so wäre unsere Energienutzung immer

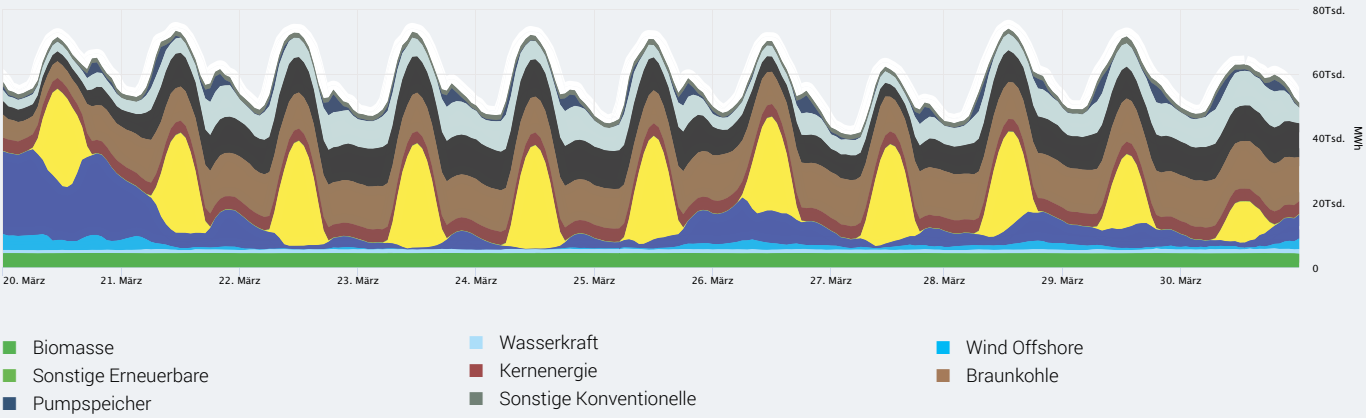
Abbildung 1. Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland (in Mio. t Steinkohleeinheiten – SKE; * vorläufig)



*vorläufig

Quelle: Bundesverband Braunkohle 2021; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Stand: 4/2021 [6]

Abbildung 2. Realisierte Stromerzeugung und Stromverbrauch im deutschen Stromnetz in der Zeit vom 20. März bis 30. März 2022



Quelle: Bundesnetzagentur 2022 [5]

noch überwiegend auf fossile Energien angewiesen; dies lässt Abbildung 1 erkennen. Hier zeigt sich auch: Biomasse, Sonne und Wind haben weitgehend die Kernenergie ersetzt. Die größten CO_2-Einsparungen resultieren aus dem starken Rückgang der Braun- und Steinkohlenutzung nach der Wiedervereinigung, einer Reduzierung der Erdölnutzung und einer anteilsmäßigen Zunahme des CO_2-ärmeren Erdgases. Zugleich nahm der Gesamtenergiebedarf ab, wobei 2021 wieder eine Zunahme zu verzeichnen war. Deshalb hat auch in Deutschland im Jahr 2021 der Ausstoß von Treibhausgasen um 33 Mio. t gegenüber dem Vorjahr auf nunmehr 762 Mio. t zugenommen [10].

Bioenergie: nicht nachhaltig

Auf die hohen CO_2-Emissionen und die zahlreichen Nebenwirkungen der Bioenergienutzung wurde bereits hingewiesen. Weniger bekannt ist, dass im Jahr 2020 zur Produktion von Biogas neben Mais auch ca. 2,4 Mio. t Getreide (in zunehmender Menge) an Biogasanlagen „verfüttert" wurden, sowie kleinere Mengen Zuckerrüben. Darüber hinaus wurden 2020 für die Produktion von Bioethanol (für Benzin) neben Mais rund weitere 1,5 Mio. t Getreide (v.a. Weizen und Roggen) eingesetzt. Die Mengenangaben beziehen sich allein auf die Körnermenge, wobei ein durchschnittlicher Ernteertrag von 6,5 t/ha angenommen wurde.

Insgesamt wurden somit im Bereich Bioenergie rund 3,9 Mio. t Getreide eingesetzt – bezogen auf die Erntemenge von rund 39 Mio. t im Jahr 2020 (ohne Mais) entspricht dies einem Anteil von 10 %. [15, 29]. Biodiesel besteht hingegen zu jeweils rund einem Drittel aus Abfall/Reststoffen, Raps und Palmöl [16].

Die Bioenergienutzung führt dazu, dass Anbauflächen für die Ernährung von Mensch und Tier verloren gehen und nun Futtermittel und Öle weltweit hinzugekauft werden. Obwohl unser Land über sehr fruchtbare Böden und ein ausgezeichnetes Anbauklima verfügt, ist Deutschland inzwischen zu einem ausgeprägten Nettoimporteur von Agrarprodukten geworden. Der Großteil des Einsatzes von Biomasse im Energiebereich kann aus Sicht der Nachhaltigkeit und in Anbetracht der globalen Nahrungsversorgungssituation nur als katastrophal bezeichnet werden. Bedauerlicherweise wird dies in den deutschen Medien oder von der Politik bisher kaum problematisiert.

Strom aus erneuerbaren Energien: schwer zu bändigen

Die Stromerzeugung aus Wind und Sonne ist volatil. Dies gilt nicht nur im Tages- oder Wochenverlauf, sondern auch im Jahresvergleich. So ging der monatliche Windstromertrag (Land und See) im Februar 2021 gegenüber dem Februar 2020 um 45 % zurück – auch im Januar und März 2021 waren die Erträge wesentlich geringer als im Vorjahr [8]. Dafür war der Februar 2022 der bisher windenergiestärkste Monat überhaupt. Diese Schwankungen stellen die Sicherstellung einer kontinuierlichen Stromversorgung vor enorme Probleme, da traditionelle Kraftwerkskapazitäten in einem hohen Umfang vorgehalten werden müssen, sozusagen als permanent erforderliche „Notstromaggregate". Ein Anteil der Volatilitäten wird bisher durch europaweite Importe und Exporte ausgeglichen. In dem Maße, wie diese Länder ihre erneuerbaren Stromkapazitäten ausbauen, werden jedoch die Ausgleichsmöglichkeiten geringer, da, wie bereits dargestellt, der Windertrag in der Regel europaweit ähnlich verläuft.

Abbildung 2 zeigt, dass am Sonntag, den 20. März 2022, die aus erneuerbaren Ener-

gien bereitgestellte Strommenge mittags den Verbrauch übersteigt. Um 12:00 Uhr lag die Stromproduktion rund 14.000 MWh über dem Bedarf – da konventionelle Kraftwerke nicht für 1 bis 2 Stunden gänzlich heruntergefahren werden können. Die Überschussproduktion wird dann exportiert.

Hingegen war am Morgen des 30. März 2022 ein Stromdefizit in der Größenordnung von rund 5000 MWh zu verzeichnen. Strom wurde nun importiert [5].

Integrations- und Speicherprobleme der Zukunft

Abbildung 2 lässt auch die zukünftigen Probleme erkennen. So würde eine Verdopplung der installierten Wind- und Photovoltaikleistung die Überschussprobleme, z. B. hier am 20. März, einerseits massiv verschärfen. Andererseits würden dann immer noch große Mengen Strom aus den Erneuerbaren fehlen – beispielsweise in den Abend-, Nacht- und Morgenstunden zwischen dem 22. und 25. März.

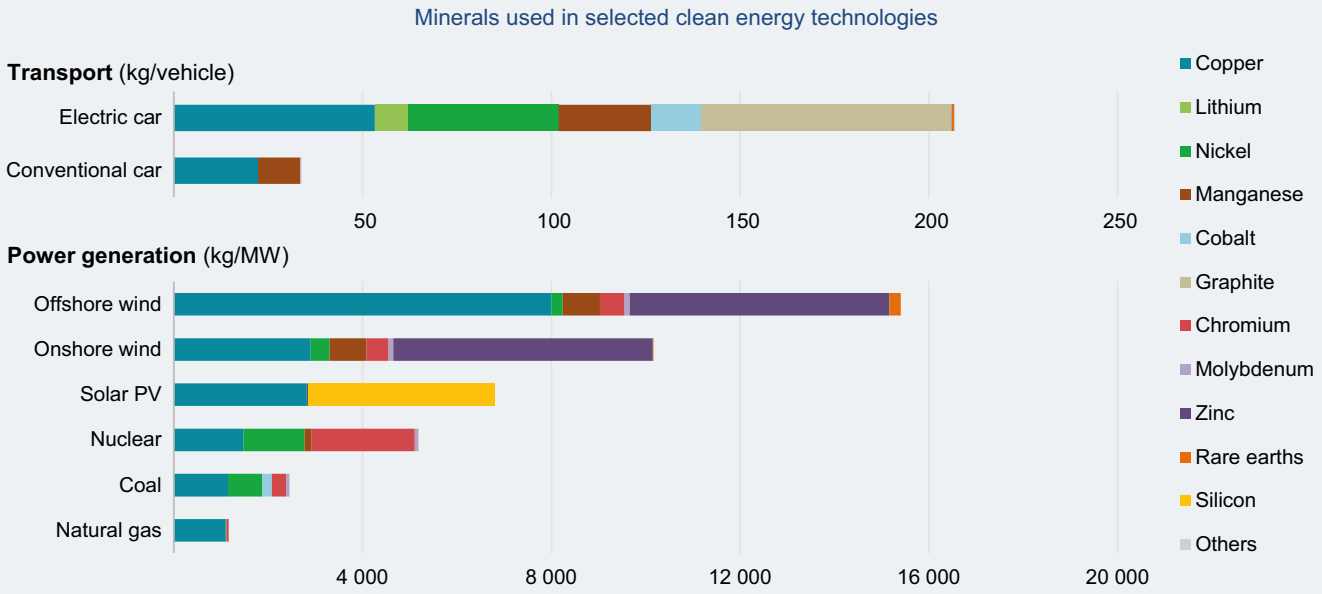
Vor allem die Überschüsse sind in Zukunft problematisch, da in Deutschland bisher keine Speicher existieren, die derart hohe Strommengen in so kurzer Zeit aufnehmen könnten. Oft wird auf die Produktion von grünem Wasserstoff verwiesen, um in dieser Form Energie zu speichern. Auch hierbei besteht das Problem, das hohe Strommengen nur für eine kurze Zeit zur Verfügung stehen würden – eine sinnvolle Produktion müsste aber aus Kostengründen am besten rund um die Uhr erfolgen. Konkret: Je mehr Stunden im Jahr eine kostspielige Elektrolyseeinheit genutzt werden kann, desto preiswerter ist der produzierte Wasserstoff. Dieser kann dann z. B. in einem geringen Prozentsatz (bis etwa 5 %) direkt in die bestehenden Gasleitungen „eingespeichert" werden, oder in einem hohen Prozentsatz, wenn er mittels CO_2 zu Methan umgewandelt wird.

Wenig beachtet: Die Spezifika erneuerbarer Energie-Technologien

Erneuerbare Energie-Technologien zeichnen sich durch eine Reihe von Besonderheiten gegenüber konventionellen Energie-Technologien aus:

- Erneuerbare Stromerzeuger benötigen in etwa die 3- bis 10-fache Menge an Metallen und Mineralien gegenüber fossilen Kraftwerken, s. Abbildung 3 [20]. Je produzierter Stromeinheit sind die Unterschiede noch größer (geringere Jahresvolllaststunden der Erneuerbaren).
- Während konventionelle Kraftwerke im Hinblick auf die Sicherstellung der Jahreshöchstlasten der Versorgung (z. B. kalte Wintertage) eine Verfügbarkeit von rund 90 % der installierten Leistung aufweisen, können bei der Photovoltaik nur 0 %, bei der Windenergie an Land ca. 1 % und bei der Windenergie im Meer nur etwa 10 % der installierten Leistung angesetzt werden [13].

Abbildung 3. Bedarf an wichtigen Metallen und Mineralien für Automobile und Energieanlagen (bezogen auf die installierte Leistung bei Inbetriebnahme)



Quelle: International Energy Agency 2022 [20]

- Erneuerbare werden an ertragreichen Standorten errichtet (z. B. in der Nordsee); zusätzliche Stromleitungen, Transformatoren etc. sind notwendig. Als ein weiteres, zweites Element, kommen in Zukunft Speichersysteme hinzu, wie z. B. Batteriespeicher oder die Produktion von speicherbarem Wasserstoff. Sozusagen als nun drittes Element sind weiterhin konventionelle Kraftwerke notwendig. Letztlich existiert somit eine material- und kostenaufwendige Dreifach-Struktur.
- Erneuerbare Energieanlagen (Ausnahme: Wasserkraft) haben eine geringere Lebensdauer als Konventionelle [17]. Die Entsorgung, z. B. von Windturbinenflügel aus Verbundkunststoffen, ist oft ungeklärt [28].
- Größter Kostenfaktor bei den erneuerbaren „Kraftwerken" ist die Produktion der Anlagen, also überwiegend Fixkosten und sehr geringe variable Kosten (Betriebskosten). Bei den konventionellen Kraftwerken ist es genau umgekehrt. Bei den erneuerbaren „Kraftwerken" sind die reinen Stromentstehungskosten in der Regel geringer – wenn der Wind weht und die Sonne scheint.
- Konventionelle werden in Nutzernähe gebaut und produzieren bedarfsgerecht Strom, da sich alle konventionellen Kraftwerke (auch Kern- und Kohlekraftwerke) in einem relativ weiten Bereich schnell dem Bedarf anpassen können (Leistungsänderungen von ca. ± 5–10 %/Minute) [18]. Bei den Erneuerbaren müssen sich die Nutzer partiell der volatilen Stromproduktion anpassen, um die Speicherkosten zu begrenzen.
- Zur ökologischen Wahrheit müssen die Umweltwirkungen, v.a. der Konventionellen, einbezogen werden. Allerdings ist auch der Strom der Erneuerbaren nicht CO_2-frei. In der Summe (Anlagenerstellung, Nebenanlagen und Speicher, zunehmend volatiler Betrieb der Konventionellen) ist von 50–100 g CO_2/kWh auszugehen. Die Werbung vieler Stromanbieter, ihr Strom weise 0 g CO_2/kWh auf, ist deshalb unzutreffend.

Welche Auswirkungen haben diese Spezifika?

Generell gilt: Erneuerbare Energieanlagen sollten so kosteneffizient wie möglich genutzt werden; das ist an sich eine Selbstverständlichkeit, die jedoch nicht immer gewürdigt wird. Daraus folgt beispielsweise, Anlagen vorrangig dort zu errichten, wo die Winderträge (v.a. im Norden Deutschlands) und die Sonnenerträge (v.a. im Süden Deutschlands) möglichst hoch sind. Die Erhöhung des Nutzens je Kosteneinheit steigert auch zugleich die Energieeffizienz, d.h. mit einem geringen Materialeinsatz möglichst viel CO_2-armen Strom zu erzeugen. In Zukunft kann es sinnvoll sein, direkt auf Standorte außerhalb Deutschlands auszuweichen, um dort z. B. grünen Wasserstoff zu produzieren.

So will der Energieversorgers E.on eine Kooperation mit einem australischen Unternehmen ausbauen, um aus Australien relativ große Mengen an grünem Wasserstoff zu importieren [14].

Nochmals: Es kommt nicht darauf an, den „Planeten Deutschland" möglichst schnell klimaneutral zu gestalten, sondern die Welt. Ein ineffizienter Einsatz von erneuerbaren Energie-Technologien bei uns hat durch den hohen Rohstoffkonsum globale Auswirkungen, da er Knappheiten unnötig vergrößert und zu entsprechenden Preisreaktionen führt, v.a. wenn die Gewinnung der Rohstoffe mit geringen ökologischen und sozialen Belastungen verbunden sein soll. Der Metallpreisindex hat sich bereits in den vergangenen 20 Jahren mehr als verfünffacht [19]. Erste Auswirkungen lassen sich erkennen: So ist der Preis der in China gefertigten Photovoltaikmodule 2021 um 10 % gestiegen, während er in den Jahren zuvor beständig gesunken ist. Und bei Batterien für Elektroautos ist der Anteil der Rohstoffkosten in den vergangenen 5 Jahren von 50 % auf 70 % gestiegen. Angesichts der Preissteigerungen im Rohstoffsektor warnte der Direktor der Internationalen Energie Agentur (IEA), Faith Birol, 2021: „Die Energiewende könnte definitiv als Ergebnis steigender Kosten ausgebremst werden." [27].

Private Haushalte: Hoher Einfluss auf Energienutzung

Die privaten Haushalte können rund 50 % des Endenergieverbrauchs von Deutschland direkt beeinflussen, sei es durch ihren Stromkonsum, ihr Heizverhalten oder das Nutzungsverhalten im Verkehr, da sie hier einen Anteil von etwa zwei Drittel haben [7]. Während im Bereich der Heizung Maßnahmen sehr gebäudespezifisch und oft nicht einfach umzusetzen sind, vor allem für Mieterinnen und Mieter, ließen sich im Strombereich nach Erfahrungen von Fachkräften für Energieberatung rund 50 % des Verbrauchs einsparen, wenn die Haushalte z. B. nur noch energiesparsame Geräte und LED-Lampen benutzen würden [32]. Bei einem 1-Personen-Haushalt und einem mittleren Verbrauch würde dies eine Reduktion von etwa 2000 kWh auf rund 1000 kWh per Jahr bedeuten – zugleich eine finanzielle Entlastung von etwa 400,00 € jährlich. Durch die Wahl kleinerer Geräte, z. B. Laptop statt PC mit extra Bildschirm, wären weitere Einsparungen möglich.

Die Energienutzung der Haushalte dürfte dabei in Zukunft weniger durch die nationale CO_2-Steuer (aktuell ca. 1 Cent je kWh Strom oder Gas) beeinflusst werden als durch den starken Energiepreisanstieg der letzten Zeit; das alte, niedrige Preisniveau wird wahrscheinlich nicht mehr erreicht werden [12].

Nicht nur Sonnenschein: Die private Photovoltaik

Auch bei Planung und Betrieb einer privaten Photovoltaikanlage gilt es, stärker die Kosten- und Energieeffizienz

zu berücksichtigen, insbesondere bei Speicherlösungen. Inzwischen werden rund 70 % der neu installierten Photovoltaikanlagen direkt mit einem Batteriespeicher versehen, um die Eigenversorgungsquote zu erhöhen. Die Speicher haben dabei eine durchschnittliche Kapazität von rund 8,5 kWh und kosten im Mittel 11.000 €; oft sind sie jedoch zu groß dimensioniert, wodurch sie dann auch schneller altern [31]. Die aus einer solchen Photovoltaiknutzung resultierenden Probleme sind:

- Eine hohe finanzielle Investition, ohne Kosten- und Energieeffizienz zu beachten;
- ein sehr hoher Bedarf an kritischen Rohstoffen;
- zusätzliche Stromverluste, die mit der Anlagengröße zunehmen (Leitungs-, Wechselrichter- und Batterie-Ladungsverluste).

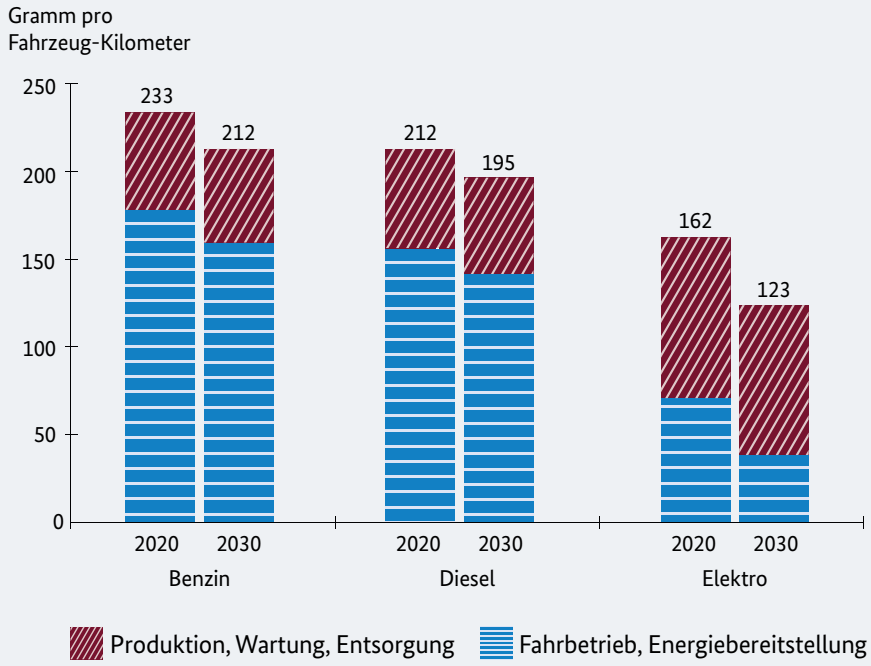
In der Summe kann dies dazu führen, dass ineffiziente bzw. ineffizient ausgelegte Speichersysteme – selbst wenn man die CO_2-Emissionen für die Batterieherstellung nicht berücksichtigt – keine positive CO_2-Bilanz gegenüber Anlagen ohne Speicher aufweisen [33].

Hinzu kommt: In der Regel weisen Haushalte mit Photovoltaikanlage einen rund 18 % höheren Stromverbrauch auf als Haushalte ohne eine solche Anlage [22]. Die Haushalte speisen dann zum einen weniger Strom ins Netz; zum anderen erhöht sich im Winter ihr Strombezug aus dem Netz. Dies kann sogar negative Auswirkungen auf die CO_2-Minderungsziele Deutschlands haben; vielen Anlagenbetreibern sind diese Zusammenhänge nicht bewusst [22].

Die Eigenstromversorgung wird aufgrund der nur noch geringen Einspeisevergütungen und hohen Strompreise immer attraktiver. Dies führt jedoch zu einer Art Entsolidarisierung: Anteilmäßig beteiligen sich diese in der Regel finanzstarken Haushalte, immer weniger an den verbrauchsbezogen erhobenen allgemeinen Netzkosten (für Regelenergie, Netzentgelte etc.), obwohl sie insgesamt im Winter das Netz überproportional beanspruchen.

- Auch hier gilt: Weniger ist oft sinnvoller. Zunächst einmal sollten vor der Anlagenerstellung alle Möglichkeiten der Stromeinsparung realisiert werden. Statt einer großen komfortablen Batterie ist die Nutzung der Mittagsspitze vielleicht auch mittels einer Zeitschaltuhr an Gefriergeräten und an der Waschmaschine möglich. Eine Batteriefunktion kann in Zukunft womöglich auch ein Elektroauto übernehmen.
- Alternativ zu einer *eigenen* Anlage bzw. zu einer größeren Anlage wäre z. B. auch die Förderung einer Photovoltaikanlage in den sich entwickelnden Ländern des Südens eine sinnvolle Option.

Abbildung 4. Abb. 5. CO_2-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus – Pkw der Kompaktklasse, Lebenslaufleistung 150.000 km.



Quelle: Mit freundlicher Genehmigung vom Bundesumweltministerium, Januar 2021, auf Basis von Daten des ifeu [3], www.bmuv.de/WS706

Problemfall Automobil – „kreative" Rechenkünste

Der Verkehrsbereich ist für 28 % des Endenergieverbrauchs und für rund 20 % der klimaaktiven Emissionen verantwortlich, davon werden ca. zwei Drittel durch Benzin- und Diesel-Pkw verursacht. Während diese Fahrzeuge lange Zeit zumindest geringfügig effizienter geworden sind, ist seit 2016 wieder ein Anstieg des Kraftstoffverbrauchs bei Neuwagen festzustellen [21]. Unter Klimaaspekten kann die bisherige Verkehrspolitik nur als ein Desaster bezeichnet werden.

Elektroautos sollen nun die Lösung bringen. Dabei zeigen sich auch bei ihnen Gemeinsamkeiten mit den Verbrennern: Die in der Realität gemessenen Verbrauchswerte von Elektroautos sind durchweg höher (um 20–30 %, inkl. Ladeverluste) als die werkseigenen Verbrauchsangaben. Im Winter bzw. bei niedrigen Temperaturen erhöht sich ihr Stromverbrauch nochmals

um etwa 20–30 % (u. a. für die Heizung) [1]. Ebenso wie im Strombereich ist auch hier das Phänomen der Null-Emission anzutreffen. Nicht nur die Hersteller werben damit, dass Elektroautos mit einem Wert von 0 g CO_2/km unterwegs sind. Eine realistische Betrachtung kommt allerdings zu anderen Werten.

Die Angaben in Abbildung 4 lassen erkennen, dass Elektroautos geringere CO_2-Emissionen als Verbrenner aufweisen und dass dieser Vorteil in Zukunft noch zunehmen wird. Doch dürfen Automobilunternehmen Elektroautos, obwohl auch sie in nennenswerter Menge CO_2 emittieren, gemäß den geltenden EU-Vorgaben bei der Berechnung ihres Flottenverbrauchs mit 0 g CO_2/km anrechnen [4]. Selbst bei einem hohen Anteil verkaufter SUVs lassen sich so die EU-Vorgaben für den maximalen CO_2-Flottenverbrauch noch einhalten. Die massive Förderung von Elektroautos durch die Politik (bis zu 9000,00 € je Elektroauto bzw. bis zu 6750,00 € je Plug-in-Hybridfahrzeug) unterstützt diesen Ablasshandel sogar noch [2].

Was tun?

Es war einmal ein Land, in dem leise surrende Windräder, sattgrün wogende Energiepflanzen-Felder und kobaltblau funkelnde Dächer unendlich viel CO_2-freien Strom lieferten – der spottbillig war, da die Sonne immer wieder versäumte eine Rechnung zu schicken…. Leider ist das nur ein Traum und wir sollten uns endlich illusionslos den Realitäten stellen und entsprechend handeln:

- Die Einsparung und effiziente Nutzung von Energie müssen den gleichen Stellenwert wie der Bau neuer Anlagen erhalten. Denn: Jede sinnvoll eingesparte Kilowattstunde ist in der Regel auch die kostengünstigste und nachhaltigste Lösung.
- Erneuerbare Energien können in Deutschland aufgrund der Witterungsbedingungen, der verfügbaren Flächen und angesichts des hohen Energiekonsums nur einen Teil der Energieversorgung übernehmen.
- Der Ausbau eines erneuerbaren Energiesystems muss unbedingt kosten- und energieeffizient erfolgen, ansonsten sind zahlreiche negative Auswirkungen zu befürchten: extreme Preissteigerungen, soziale Ungerechtigkeiten, Verschärfung der globalen Rohstoffsituation.
- Die Forderung nach Effizienz wird immer wichtiger werden, da die finanziellen Spielräume des Staats, der Unternehmen und der Bürger v.a. durch die Verschuldung und Inflation in Zukunft enger werden.
- Alle – Industrie, Dienstleistungen, Haushalte, Wissenschaft etc. – sind aufgefordert, eine den Volatilitäten möglichst angepasste Stromnutzung zu entwickeln.
- Die unzutreffende Werbung oder Darstellung von CO_2-freiem Strom und CO_2-freier Mobilität ist zu beenden. Stattdessen sind realistische Zahlen einzusetzen, die auch die induzierten CO_2-Steigerungen in anderen Bereichen berücksichtigen.
- Elektroautos sind nur in Grenzen eine sinnvolle Alternative, da eine CO_2-Reduktion durch eine starke Erhöhung des Rohstoffeinsatzes konterkariert wird. Viele gravierende Auswirkungen der Automobilität bleiben bestehen.
- Letztlich ist nicht entscheidend, wie schnell wir klimaneutral werden, sondern in welchem Umfang wir mit all unseren Ressourcen auch global zu einer Senkung der klimaaktiven Emissionen beitragen und durch Kooperationsprojekte die Entwicklung vieler Länder im Süden unterstützen können.

Literatur

1 ADAC. Elektroautos im Test: So hoch ist der Stromverbrauch. 2022. Verfügbar unter: https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/, aufgerufen am 26.3.2022

2 Bayerischer Rundfunk. Habeck verlängert E-Auto-Förderung und kündigt neue Wege an. 2021. Verfügbar unter: https://www.br.de/nachrichten/wirtschaft/habeck-verlaengert-e-auto-foerderung-und-kuendigt-neue-wege-an,SrSzRvp; aufgerufen am: 26.3.2022

3 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Wie umweltfreundlich sind
Elektroautos? Berlin 2021. Verfügbar unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/elektroautos_bf.pdf; aufgerufen am 4.4.2022

4 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Das System der CO_2-Flottengrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. 2020. Verfügbar unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Luft/zusammenfassung_co2_flottengrenzwerte.pdf; aufgerufen am 5.4.2020

5 Bundesnetzagentur. Strommarktdaten 2022. Verfügbar unter: https://www.smard.de/home; aufgerufen am 29.3.2022

6 Bundesverband Braunkohle. Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland. 2021. Verfügbar unter: https://braunkohle.de/wp-content/uploads/2020/06/Entwicklung-des-Primaerenergieverbrauchs-in-Deutschland.pdf; aufgerufen am 28.3.2022

7 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW). Endenergieverbrauch in Deutschland
nach Verbrauchergruppen. 2021. Verfügbar unter: https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/endenergieverbrauch-nach-verbrauchergruppen-zehnjahresvergleich/; aufgerufen am 26.4.2022

Hans-Jürgen Leist …

… ist Agraringenieur und promovierter Sozialwissenschaftler, zusätzlich hat er eine einjährige Ausbildung zur „Fachkraft für Umweltschutz" absolviert. Während der universitären Tätigkeiten standen disziplinübergreifende Probleme der Wasser- und Energieversorgung im Mittelpunkt.

mail@hans-juergen-leist.de

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

8 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW). Stromerzeugung aus Windkraftanlagen Onshore und Offshore. 2021: Verfügbar unter: https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/stromerzeugung-windkraftanlagen-gesamt/; aufgerufen am 27.3.2022

9 Bundeszentrale für politische Bildung. Primärenergie-Versorgung. 2021. Verfügbar unter: https://www.bpb.de/kurz-knapp/zahlen-und-fakten/globalisierung/52741/primaerenergie-versorgung/; aufgerufen am 30.3.2022

10 CO_2-Ausstoß nimmt wieder zu. Tagesschau 2022. Verfügbar unter: https://www.tagesschau.de/inland/treibhausgase-deutschland-klimaziel-101.html; aufgerufen am 30.3.2022

11 CO_2-Ausstoß so hoch wie noch nie. Tagesschau 2022. Verfügbar unter: https://www.tagesschau.de/wirtschaft/co2-rekordhoch-101.html; aufgerufen am 30.3.2022

12 Cramm G. Die Base-Preise für Strom im Jahr 2023 liegen bei 189 Euro/MWh; für 2024 werden Base-Preise von ca. 100 Euro/MWh erwartet. Langjährige frühere Base-Preise lagen bei etwa 45 Euro/MWh. Mündliche Angabe von Gabriela Cramm, Teamleiterin Beschaffung Stadtwerke Calw. 2.4.2022

13 Deutsche Energie-Agentur. dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Berlin 2018. Verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf, aufgerufen am 19.4.2022

14 E.on plant in großem Stil Einfuhr von grünem Wasserstoff – aus Australien. Der Spiegel 29.3.22. Verfügbar unter: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/e-on-plant-in-grossem-stil-einfuhr-von-gruenem-wasserstoff-aus-australien-a-d579ac37-d1cb-4d7b-bfc1-dc466af69854; aufgerufen am 7.4.2022

15 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. 2022; Verfügbar unter: https://www.fnr.de/ftp/pdf/berichte/22004416.pdf; aufgerufen am 28.3.2022

16 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Ausgangsstoffe für Biokraftstoffe Deutschland. 2021. Verfügbar unter: https://biokraftstoffe.fnr.de/kraftstoffe/biodiesel; aufgerufen am 28.3.2022

17 Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme. Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien. 2021. Verfügbar unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf; aufgerufen am 4.4.2020

18 Grünwald R, Caviezel C. Lastfolgefähigkeit deutscher Kernkraftwerke. Berlin 2017. Verfügbar unter: https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000102277/121070976; aufgerufen am 19.4.2022

19 Institut der deutschen Wirtschaft. IMP-Index: Metallpreise auf Rekordhoch. 2021. Verfügbar unter: https://www.iwkoeln.de/presse/in-den-medien/hubertus-bardt-metallpreisindex-auf-siebenjahreshoch.html; aufgerufen am 1.4.2022

20 International Energy Agency (IEA). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. 2022. Verfügbar unter: https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions; aufgerufen am 25.4.2022

21 Kaiser A. Böses Erwachen im Land der Spritschlucker. Der Spiegel 23.3.2022. Verfügbar unter: https://www.spiegel.de/auto/benzin-und-diesel-teuer-boeses-erwachen-im-land-der-spritschlucker-a-8e7fe02a-f52f-41fe-bc8a-ecd4bdeaa05f; aufgerufen am 7.4.2022

22 Kegel J, Lenk C, Ouanes N, Wiesenthal J, Weiß J (IÖW). Prosumerverhalten und Energiewende. 2022. Verfügbar unter: https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2022/Kegel_et_al_2022_Prosumerverhalten_und_Energiewende_Energiesystemebene.pdf; aufgerufen am 2.4.2022

23 Leist H-J. Baustellen der Energiewende: Die Integration von Photovoltaik und Windenergie ins Stromnetz. Pädiatrische Allergologie 2/2015a: 30–35

24 Leist H-J. Baustellen der Energiewende: Problematische Entwicklungen im Strombereich sowie medizinische Aspekte. Pädiatrische Allergologie 3/2015b: 40–45

25 Leist H-J. Lösen die erneuerbaren Energien die Klimaproblematik? Aktuelle Anmerkungen. Pädiatrische Allergologie 02/2020: 30–34

26 Leist H-J. Wie effizient ist die Energieeffizienz wirklich? Pädiatrische Allergologie 1/2014: 24–27.

27 Manager Magazin. Wie die Börsenrallye die Energiewende durchkreuzt. 2021b. Verfügbar unter: https://www.manager-magazin.de/unternehmen/energie/rohstoffe-wie-die-boersenrallye-die-energiewende-durchkreuzt-a-ec816669-ba4c-4db9-a0d0-1908f0b79d13; aufgerufen am 3.4.2022

28 Manager Magazin. Wie die Windenergiebranche ihr Schrottproblem lösen will. 2021a. Verfügbar unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf; aufgerufen am 4.4.2022

29 Statistisches Bundesamt. Feldfrüchte und Grünland. Anbauflächen, Hektarerträge und Erntemengen ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich. 2022. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/liste-feldfruechte-zeitreihe.html; aufgerufen am 25.4.2022

30 Umweltbundesamt. Erneuerbare Energien in Zahlen. 2022. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#ueberblick; aufgerufen am 1.4.2022)

31 Verbraucherzentrale. Lohnen sich Batteriespeicher für Photovoltaikanlagen? Verfügbar unter: https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/lohnen-sich-batteriespeicher-fuer-photovoltaikanlagen-24589; aufgerufen am 2.4.2022

32 Verbraucherzentrale. Strom sparen im Haushalt: Einfache Tipps. Verfügbar unter: https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/strom-sparen/strom-sparen-im-haushalt-einfache-tipps-10734; aufgerufen am 4.4.2022

33 Weniger J, Böhme N, Orth N, Quaschning V. Sind Solarstromspeicher Klimaschützer? PV-Magazin September 2019: 62–64. Verfügbar unter: https://solar.htw-berlin.de/wp-content/uploads/WENIGER-2019-Sind-Solarstromspeicher-Klimaschuetzer.pdf, aufgerufen am 19.4.2022

IN EIGENER SACHE

Die GPA ist eine Mitgliedsorganisation bei KLUG

KLUG
Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit

Die **Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit** (KLUG) wurde im Oktober 2017 als Netzwerk von Einzelpersonen, Organisationen und Verbänden aus dem gesamten Gesundheitsbereich gegründet.

Die Allianz zeigt auf, welche weitreichenden Folgen der Klimawandel auf die Gesundheit hat. Dazu vernetzen sich die Akteurinnen und Akteure quer zu Sektoren und Hierarchien in der gesamten Gesellschaft und werden insbesondere auf kommunaler und lokaler Ebene in ihrem Umfeld aktiv.

Die Allianz KLUG wird von vielen medizinischen Fachgesellschaften, dem Deutschen Ärztetag, dem Deutschen Pflegetag sowie Forschungsinstituten und NGOs unterstützt. Auch die **Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin e. V.** (GPA) hat sich als Mitgliedsorganisation dieser Allianz (www.klimawandel-gesundheit.de) angeschlossen.

Tausend Milliarden Tonnen Kohlenstoffdioxid zu viel in der Atmosphäre

Teil 1: NETs und Einlagerung von CO_2 als Gas

Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen reicht nicht aus, um schwerwiegende Klimawandelfolgen in den nächsten Jahren zu vermeiden. Die Weltgemeinschaft muss dringend und im großen Maßstab „NEGATIV EMISSIONS Technologien“ (NETs) einsetzen, um die Atmosphäre zu entlasten, wie im Bericht des „United Nations Environment Programme“ (https://bit.ly/3lHhL7B) von 2017 bereits gefordert [31] und stetig, wie auch im aktuellen Report 2021, wiederholt wird. Was unter NET und NETs zu verstehen ist und wie sich CO_2 geologisch einlagern lässt, wird in diesem 1. Teil einer zweiteiligen Serie zum Thema erklärt. Strategien zur Umwandlung von CO_2 in feste Stoffe ist das Thema von Teil 2 (Einleitung in diesem Heft auf S. 65; gesamter Artikel auf der Homepage der GPA unter https://bit.ly/3yWRF8A

Michael Trapp, Berlin

Was sind NEGATIV-EMISSIONEN (NE) und ihre Technologien (NETs)?

NETs sind Technologien bzw. Maßnahmen, die Kohlenstoffdioxid (CO_2) langfristig aus der Atmosphäre entfernen. Langfristig ist nicht definiert, sollte aber im Sinne von tausenden Jahren verstanden werden, denn CO_2 verweilt über lange Zeiträume in der Atmosphäre und die jetzt von CO_2 angestoßenen Änderungen im Erdsystem werden durch Rückkopplungen vermutlich noch über Jahrhunderte oder Jahrtausende anhalten. Viele Szenarien, die Wege zur Einhaltung der Pariser Klimaziele aufzeigen, gehen davon aus, dass für die Entlastung der Atmosphäre im Gigatonnen-Maßstab der direkte Entzug von CO_2 aus der Luft unabdingbar ist.

Aktuelles zum Klimawandel

Mit der ansteigenden CO_2-Konzentration in der Atmosphäre steigt auch die Oberflächentemperatur auf unserem Planeten. Stimmen aus der Wissenschaft als auch bei der UN weisen darauf hin, dass ein Anstieg der globalen Mitteltemperatur über +2°C ohne zusätzliche Anstrengungen nicht mehr vermeidbar ist (Abb. 1). Derzeit nimmt sowohl die atmosphärische CO_2-Konzentration als auch die atmosphärische Methan(CH_4)-Konzentration beschleunigt zu. Methan hat einen deutlich höheren Treibhauseffekt als CO_2, ist aber längst nicht so langlebig, sondern zerfällt größtenteils über mehrere Jahre in den höheren Luftschichten in CO_2 und Wasser [15].

> UN-Klimabericht September 2021, Statement Generalsekretär António Guterres [14]: „Der Welt drohen 2,7°C mehr und ein massiver Verlust von Menschenleben“.

Auch 2021 hat gezeigt, dass die Erdsysteme immer heftiger auf die steigenden Treibhausgaskonzentrationen reagieren. Temperatur-, Flut- und Waldbrandrekorde in Kanada, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, New York, Peking oder Sibirien waren – wie in den vergangenen Jahren auch – an der Tagesordnung. Für die Flutschäden im Rheinland stellt der Staat 30 Mrd. Euro zur Verfügung, im September brannte in Sibirien eine Fläche, die halb so groß wie Deutschland ist, und in Kanada gab es bei >50°C mehr als 100 Hitzetote. Die Größenordnungen der Gesundheitsgefahren, Sachschäden und Kosten für die Vorsorge kommender Ereignisse erreichen neue Dimensionen. Die Hauptrolle als Verursacher der Klimaänderung spielt noch immer CO_2, weil wir unvermindert fossile Energieträger verbrennen, Beton produzieren oder CO_2-Senken wie Tropenwälder, Moore oder Seegraswiesen schwächen. CO_2 dominiert mit einem Beitrag von 73 % zum Treibhauseffekt aller Treibhausgase, gefolgt von Methan mit 20 %.

Noch absorbieren die Ozeane einen Teil „unseres CO_2“, sie nahmen bisher etwa ein Drittel des anthropogen emittierten CO_2 auf (Messbasis 1994–2007) [8]. Vom

künftigen Absorptionsverhalten der Ozeane hängt möglicherweise die Zukunft unserer Zivilisation ab. Ihre künftige CO_2-Aufnahmekapazität dürfte sich durch die zunehmende Versauerung des Oberflächenwassers verringern. Damit könnte die atmosphärische CO_2-Konzentration noch schneller ansteigen.

2020 hat die Menschheit ähnliche Mengen Treibhausgase wie in den Vorjahren emittiert, wegen der Corona-Pandemie geringfügig weniger als im Jahr 2019. Aber die atmosphärische CO_2-Konzentration und durchschnittliche Oberflächentemperatur der Erde sind davon unbeeinflusst weiter angestiegen.

Aktuelle Daten zum Klimawandel (bis Redaktionsschluss für diesen Artikel [Nov. 2021])

- 2020 betrug die **atmosphärische CO_2 Konzentration** 414 ppm. Zwischen 2010 und 2020 hat sie im Durchschnitt um 2,2 ppm [7] pro Jahr zugenommen, das sind pro Jahr 17 Gt mehr in der Atmosphäre (1 ppm entspricht 7,81 Gt CO_2; Giga (G) = Präfix für Milliarde).
- Die **Oberflächentemperatur** liegt in der nördlichen Hemisphäre höher als in der südlichen, weil es hier mehr Landfläche gibt und die Oberflächentemperaturen über Wasser immer etwas niedriger liegen als an Land. Mit der Website *Climate at a Glance* von der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) können die Oberflächentemperaturen zeitlich und geografisch spezifisch abgerufen werden (Abb. 2) [12].

Die CO_2-Uhr des Mercator Instituts gibt ein Restbudget [3] von 324 Gt CO_2 an (Stand 17.11.2021), die noch emittiert werden dürfen, bevor die Temperaturgrenze von 1,5°C erreicht ist. Errechnet wurde dies mit einer Wahrscheinlichkeit von 66 %. Über die Größe des Restbudgets wird allerdings gestritten, andere Klimamodelle [21, 22, 23] ergeben ein Restbudget von 0–200 Gt CO_2 bis zur 1,5°C-Grenze an.

Unabhängig von der Größe der Restbudgets werden wir wohl in jedem Fall mit hohen Folgekosten rechnen müssen, die in den nächsten Jahrzehnten durch die zunehmende Intensität der Wetterextreme anfallen werden.

Wir haben seit der ersten industriellen Kohleverbrennung im 19. Jahrhundert die Atmosphäre mit ca. 1100 Gt CO_2 angereichert. Das sind fast 50 % mehr als vor der Industrialisierung. Ähnliche Mengen gab es zum letzten Mal vor 3 Mio Jahren [4]. Andere Untersuchungen deuten an, dass dieser Zeitraum sogar 20 Mio Jahre [29; Isotopenanalyse] zurückreichen könnte und die atmosphärische CO_2-Konzentration in diesem Zeitraum nie solch große Sprünge gemacht hat, wie vom Menschen in den letzten 200 Jahren verursacht: von 280 auf >400 ppm CO_2.

Wir wissen nicht genau, welche Konsequenzen diese Überlastung der Atmosphäre und Ozeane hat, besonders weil die Erdsysteme erst Jahre oder sogar Dekaden später auf unsere Emissionen reagieren. Einige Wissenschaftler schließen nicht aus, dass es bereits vor Erreichen der 1,5°C-Grenze zu einem Kipppunkt [19] kommen könnte. Für andere gibt es Anzeichen, dass einige Kipppunkte bereits erreicht sind [25, 26], und sie warnen vor irreversiblen Veränderungen des Klimas [13, 28].

Die Dringlichkeit der NET-Realisierungen spiegelt sich derzeit weder in der internationalen oder deutschen Politik noch in der globalen oder nationalen Wirtschaft in wirksamem Ausmaß wider. Massive Anreize oder Subventionen, um die Atmosphäre im Gt-Maßstab von CO_2 zu befreien, existieren nicht.

Wie können NETs eingesetzt werden?

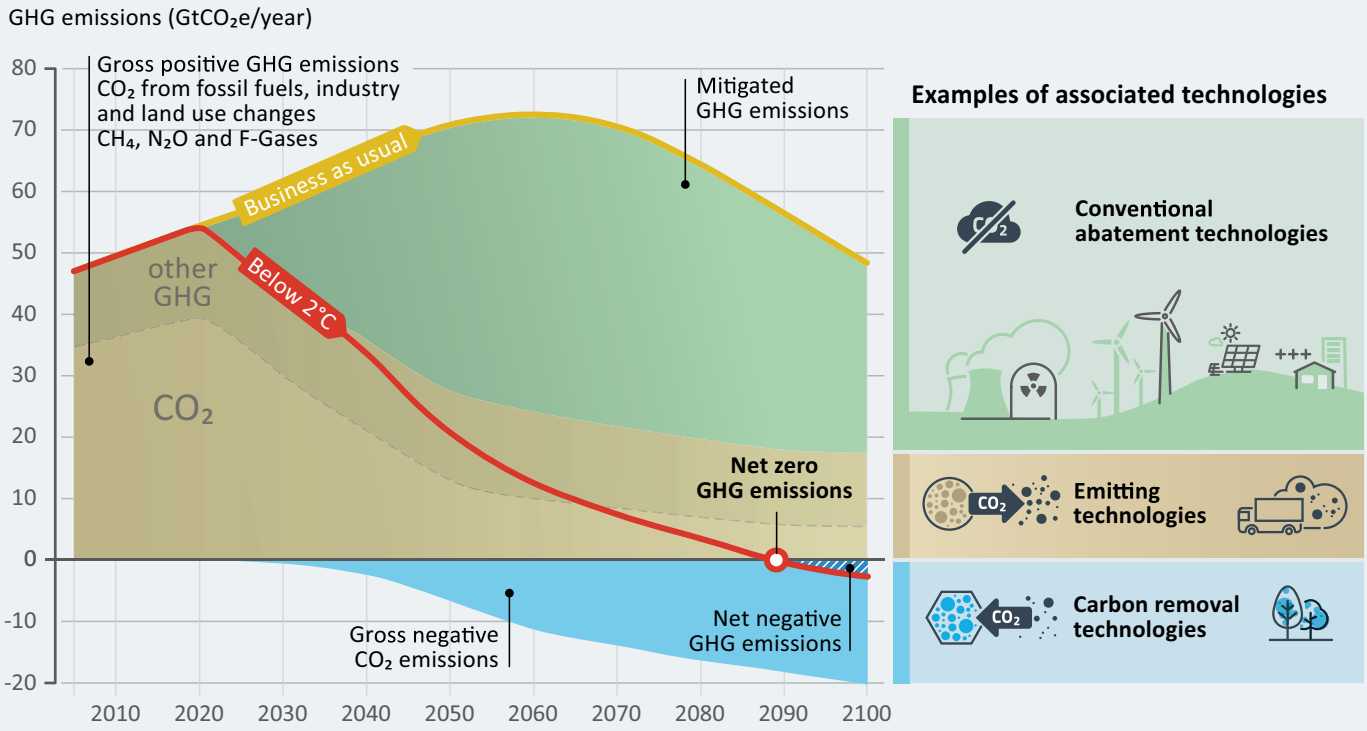
Zum besseren Verständnis werden die NETs und Maßnahmen im Folgenden in solche eingeteilt, die CO_2

- überwiegend physikalisch als Gas unterirdisch einlagern (der vorliegende Teil 1 dieser Serie),
- chemisch oder biologisch in Festformen umwandeln (Teil 2 dieser Serie).

Für die Einlagerung oder Bindung muss CO_2 zunächst aus der Luft, Gasgemischen oder Abgasen abgetrennt werden. Für diesen Prozess hat sich ein eigenes breites Technologiefeld aufgetan. Es gibt wesentliche Unterschiede zwischen Luft- und Abgasfiltration. Wird CO_2 aus der Luft filtriert (CDR, **C**arbon **D**irect **R**emoval), kann dies überall erfolgen und der Transport zu den Speicherstätten entfällt. Bei der Abgasfiltration müssen die Kosten und Emissionsbilanzen für Rohrleitungen oder mobile Transporte berücksichtigt werden. Reinheitsgrad des gewonnen CO_2 und Konzentration im Gasgemisch sind weitere Parameter, die es zu berücksichtigen gilt.

Zur CO_2-Abtrennung stehen chemische, biochemische und mechanische Verfahren zur Verfügung. Chemische Verfahren – wie z. B. die Aminwäsche – sind vielfach erprobter Stand der Technik und auch für die direkte Abscheidung aus der Atmosphäre auf dem Weg zur großtechnischen Anwendung [2], während sich Abscheidungen, die Membranen oder Enzyme verwenden, noch in der Entwicklung befinden. Für alle Technologien sind weiterhin beim Energie- und Wasserverbrauch Effizienzsteigerung sowie Kostenminimierung erforderlich. So werden z. B. für die Aminwäsche Molekülderivate für die Verfahrensoptimierung geprüft [20]. Einen Überblick zur Abtrennung von CO_2 bietet das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH auf ihrer Homepage oder Craig Bettenhausen [9] auf der Website von C&EN.

Abbildung 1. Die Bedeutung der CO_2-Entfernung aus der Atmosphäre für die Verlangsamung des Klimawandels



Die rote Linie zeigt, wie wir mit einer frühzeitig einsetzenden Negativ-Emission <2°C Temperaturerhöhung bleiben (66%ige Wahrscheinlichkeit) und zum Ende des Jahrhunderts die CO2-0-Emission erreichen könnten. Die Rückführung von CO2 aus der Atmosphäre wird nach 2090 verstärkt fortgesetzt. Die Vermeidung anderer Treibhausgase (Methan, Lachgas, etc.) wird in diesem Szenario nicht betrachtet. Die gelbe Linie setzt ein „Business as usual" voraus. – **aus:** UN Report 17 (https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2017): Seite 59 [31]; Jérôme Hilaire (Mercator Research Institute on Global Commons and Climate)

Um welche Dimensionen geht es bei den NETs?

Einigen Szenarien zur sozioökonomischen und Klimaentwicklung zufolge müssen etwa 100–1000 Gt CO_2 in den nächsten 80 Jahren aus der Atmosphäre entfernt werden [21, 22, 23]. Bei einer weiteren Anreicherung der atmosphärischen CO_2-Menge während dieses Jahrhunderts muss dementsprechend mehr entfernt werden. Auch ist ungewiss, wie der Planet auf eine Reduktion der atmosphärischen CO_2-Konzentration reagieren wird. Einige Modelle gehen davon aus, dass z. B. nach CO_2-Entnahme aus der Luft die Ozeane ihr gelöstes CO_2 an die Atmosphäre abgeben könnten, womit die Negativemission auch in diesem Fall über lange Zeit aufrechterhalten werden müsste [1, 9].

Die Dimensionen für die Rückbindung oder -lagerung sind bislang nur ansatzweise durchdacht. Wohin mit hunderten Gigatonnen Kohlenstoffdioxid, die kurzfristig, großkalibrig, sicher mit minimierten Nebenwirkungen für lange Zeiträume gelagert oder gebunden werden sollen? Hinzu kommt, dass alle NETs noch in Marktnischen feststecken, sich in der Entwicklung befinden oder in den Kinderschuhen der Grundlagenforschung. Allerdings steht fest: Die Kosten für das Zurückholen von CO_2 aus der Atmosphäre steigen mit jeder Tonne, die wir weiterhin in ihr deponieren.

Einlagerung von CO_2 als Gas

Die Fachbegriffe für die CO_2-Einlagerung sind CO_2-Untergrundspeicherung oder **C**arbon **C**apture and **S**torage (CCS). Gemeint ist die Lagerung von CO_2 in geologische Formationen. Drei der dafür relevanten Institutionen für CCS in Deutschland sind die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), das Umweltbundesamt (UBA) sowie das Deutsche GeoForschungs-Zentrum (GFZ).

Viele Gaslager haben sich in der Erdgeschichte gebildet, auch solche mit CO_2, etliche ruhen seit Millionen Jahren in der steinernen Hülle des Planeten ohne größere Undichtigkeiten. Dies ist der beste Beweis dafür, dass eine sichere Untergrundspeicherung von Gasen möglich ist. Die Nachahmung natürlicher Prozesse ist jedoch, wie die Menschheit so häufig erfahren musste, schwierig. Es gibt allerdings bereits eine ganze Reihe künstlich geschaffener Erdgasspeicher in Deutschland, die seit Jahrzehnten ohne größere Havarien betrieben werden.

Die geologischen Bedingungen des Untergrundes sind die wichtigsten Voraussetzungen für die sichere Einlagerung. Die geochemische Charakterisierung als einer der Bestandteile der Standorterkundung ist durch die Europäische Richtlinie zur CO_2-Speicherung (2009/31/EG) und in Deutschland durch das Kohlenstoffdioxid-Speicherungsgesetz (KSpG) vorgeschrieben. Für die Wände des Speichers sind durchlässige Gesteinsarten gefragt, günstige Speichergesteine sind z. B. quarzreiche Sandsteine. Die Decke oder Deckschicht über den gasführenden Speichergesteinen muss dagegen CO_2-undurchlässig sein. Darüber hinaus müssen die Bohrlochmaterialien langfristig korrosionssicher gegenüber CO_2-haltigen Lösungen sein bzw. geschützt werden. Denn CO_2 bildet mit Wasser Kohlensäure, die Metallsonden oder Bohrlochverschlüsse angreifen kann. Als CO_2-Lagerstätten kommen prinzipiell geologische Formationen wie tiefe salzwasserführende Grundwasserleiter (Aquifere) oder erschöpfte Erdöl- und Erdgas-Lagerstätten infrage.

Erschöpfte Erdgas-Lagerstätten haben den Vorteil, dass ihre undurchlässigen Gesteinsschichten erwiesenermaßen über Jahrmillionen Gase zurückhalten konnten und der Untergrund durch die Erschließung nicht unbekannt ist. Bei der Injektion des Gases wird CO_2 mit Druck in mindestens 800 m Tiefe gepresst, dann wird das Bohrloch verschlossen und Sonden unter und über der Erde überwachen die Entwicklung der Lagerstätte. Jeder Speicherstandort muss langfristig durch oberflächennahe Untersuchungen, Grundwasserbeobachtungen und geophysikalische Messungen des unterirdischen Speicherkörpers überwacht werden. Die in Wasser gelöste Kohlensäure kann mit dem Gestein reagieren und zur Neubildung von Mineralien führen, d. h. CO_2 wird „versteinert". Porosität und Art der Gesteine können sich dabei verändern, sowohl zum Vorteil als auch zum Nachteil für die Injektionsphase und die Sicherheit der Langzeitspeicherung.

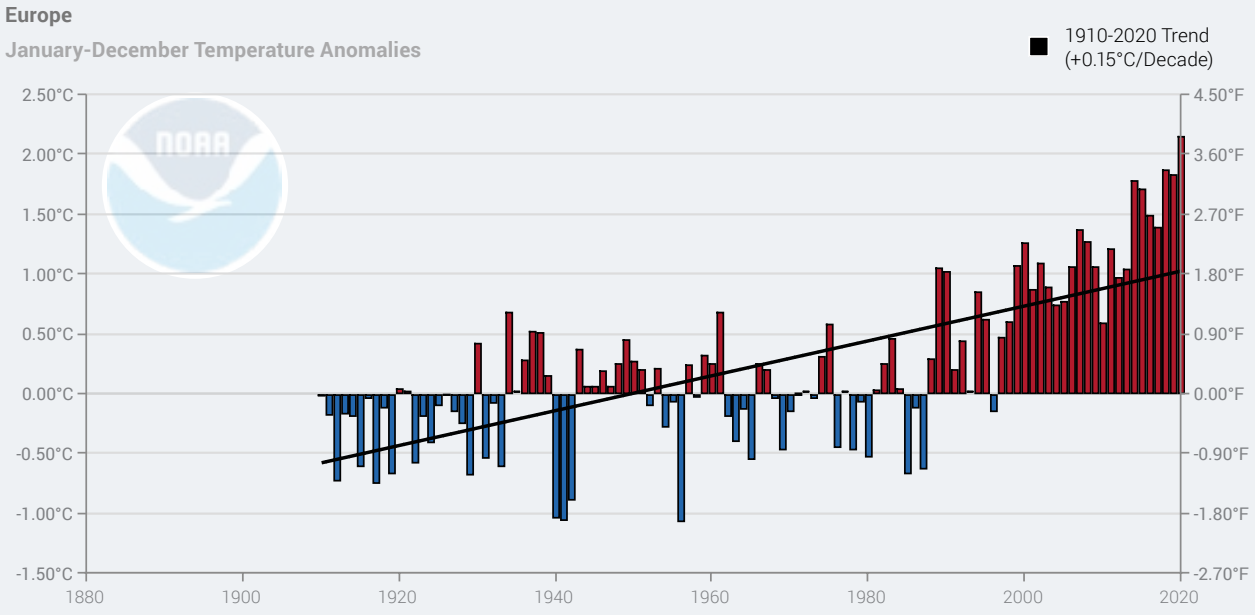
Die unbestrittenen Vorteile der gasförmigen CO_2-Einlagerung in geologische Formationen sind ihre großen Lagerkapazitäten und sofortige Verfügbarkeit. Die rein volumetrische Lagerkapazität allein in Deutschland wird nach Angaben der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe auf 10–20 Gt geschätzt [17]. Die tatsächliche geotechnische Eignung von Speicherstandorten konnte bei dieser Schätzung nicht berücksichtigt werden. Derzeit ist die Speicherung von CO_2 in Deutschland gemäß KSpG noch nicht möglich.

Die Risiken der CO_2-Einlagerung als Gas sind umstritten. Dabei geht es hauptsächlich um die Dichtigkeit der Lagerstätten und um die chemischen Prozesse, die CO_2 mit dem Umgebungsgestein und dem Wasser im Gestein der Lagerstätten eingehen kann.

CO_2-Untergrundspeicherung: Beispiele

Einen Überblick über die Anlagen, die CO_2 bereits seit Jahrzehnten im Millionen Tonnen Maßstab einlagern und über

Abbildung 2. Temperaturänderungen in Europa; Trend von 1910 bis 2020



Quelle: NOAA, Climate at a Glance; NOAA National Centers for Environmental information, Global Time Series [12], aufgerufen am 27. Okt. 2021 unter https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/europe/land/12/12/1880-2020?trend=true&trend_base=10&begtrendyear=1880&endtrendyear=2021

längere Zeiträume die Veränderungen der Lagerstätten messen, bietet u. a. das Global CCS Institut [10]. Viele Anlagen dienen nicht ausschließlich dem Zweck der Atmosphärenentlastung, sondern werden genutzt, um letzte Erdöl- oder Gasreserven aus dem Boden zu drücken oder weil das geförderte Erdgas einen zu hohen CO_2-Gehalt aufweist und abgetrennt werden musste.

Im **Pilotprojekt Ketzin** (ca. 40 km westlich von Berlin Mitte; vgl. [5]) wurden zwischen 2008 und 2013 in 650 m Tiefe 67.271 t CO_2 in poröse Sandsteinschichten eingelagert. Die Bohrung wurde bis 2017 überwacht, Undichtigkeiten wurden nicht festgestellt. Ein zweiwöchiger problemloser Rückfördertest mit 240 t CO_2 Entnahme wurde 2014 erfolgreich abgeschlossen. Dieser Versuch erfüllte eine Auflage des Landesamts für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg und hat gezeigt, dass das gespeicherte CO_2 prinzipiell rückholbar ist, falls diese Lager zu wichtigen Rohstofflagern werden (s. unten).

2019 konnten H.J. Förster et al. zeigen, dass bereits nach 9 Jahren bis zu 7 % des eingelagerten CO_2 vom umgebenden Gestein aufgenommen und es mineralisiert oder „versteinert" hat [5]. Aus kohlenstofffreiem Gestein (Silikatverbindungen) wurde Calcit ($CaCO_3$) gebildet, ein Mineral, das sehr häufig in der Erdkruste vorkommt. Dies entspricht einem Prozess, der in der Natur ständig, meist jedoch sehr langsam abläuft.

Im **Sleipner-Gasfeld** in der Nordsee, betrieben von der Equinor ASA, wurden seit 1996 >20 Mio t CO_2 aus gefördertem Erdgas abgetrennt und in 800 m Tiefe in poröse Sande injiziert, einem salinaren Aquifer unter dem Meeresboden (Anmerkung: Ein salines Aquifer ist eine salzwasserhaltige Sandsteinschicht, d. h. im Grunde salzhaltiges Grundwasser).

Mit unterschiedlichen Verfahren wurden Speicherverhalten und Ausbreitung des CO_2 verfolgt. Es ist weltweit das erste Einlagerungsprojekt, mit dem CO_2 im größeren Maßstab eingelagert wurde. Motivation war die von der norwegischen Regierung eingeführten CO_2-Steuer. Es gibt zum Sleipner-Gasfeld zahlreiche publizierte Untersuchungsergebnisse: einige weisen auf die sichere Einlagerung hin [6, 27], andere melden Zweifel an. In Untersuchungen wurden 2013 Störungen im Umgebungsgestein entdeckt; in einer Publikation in *Nature* nimmt der Autor einen künftigen Gasaustritt aus dem Reservoir als wahrscheinlich an [24]. Dies wurde in Zweifel gezogen, da sich die beschriebenen Frakturen 25 km entfernt von Sleipner befinden.

Tabelle 1. Beispiele für die Nutzung von CO_2

Unternehmen	Produktion von ...
Hydrovegen Norwegen	Benzin aus CO_2
Covestro Deutschland	Polyole aus CO_2 für Polyurethan
MicrobEnergy Deutschland	Methan aus CO_2
Frauenhofer Deutschland	Butanol, Hexanol aus CO_2
Thyssen-Krupp Deutschland	Methanol, Ethanol aus CO_2
Carbon Recycling International Iceland	Methanol aus CO_2
AUDI Deutschland	Methan aus CO_2
Solarfoods Finnland	Proteine aus CO_2

Im **Shell Quest-Projekt** in Alberta, Kanada, wurden 5 Mio t CO_2 seit 2015 in 2300 m Tiefe injiziert (CO_2-Abfall bei der Produktion von Wasserstoff aus Erdgas). Im **Fertilizer Projekt** in Oklahoma, USA, wird seit 1982 das bei der Ammoniak- und Harnstoffproduktion anfallende CO_2 abgefangen und eingelagert. Im **Boundary Dam-Projekt** in Saskatchewan, Kanada, wird das im Kohlekraftwerk anfallende CO_2 seit 2014 mit einer Gesamtmenge von 4,2 Mio t unterirdisch entsorgt.

Norwegen plant mit internationalen Partnern weitere Projekte:

- Der Zementhersteller Norcem, Tochter der HeidelbergCement AG, plant ab 2024 jedes Jahr 400.000 t CO_2 zu speichern.
- Fortum, ein Energieversorger, plant ab 2023/24 CCS-Technologien für sein Osloer Müllheizkraftwerk zu nutzen. Die Erfahrungen sollen vielen Müllkraftwerken in Europa zugutekommen.
- Northern Lights/Stavanger Norwegen, ein von Equinor, Shell und Total gegründetes Unternehmen, arbeitet an einer umfangreichen CCS-Infrastruktur. Von einem Terminal aus in der Nähe von Bergen in Norwegen soll CO_2 über eine Pipeline unter den Meeresgrund gepumpt werden.

Auch in den Niederlanden und in Großbritannien gibt es CCS-Initiativen und die EU-Kommission fördert einige Projektvorschläge mit dem *CCS-Infrastrukturals Projects of common Interest* (PCI).

Ein vielleicht heute noch utopisch erscheinender Vorteil der CO_2-Einlagerung wäre der Aufbau von Rohstofflagern. CO_2 ist bereits heute schon ein Grundstoff für die Energie-, Material- und Nahrungsmittelwirtschaft: Carbon Capture and Utilization (CCU). Dieses Verfahren auf Basis der Fischer-Tropsch-Synthese hat großes Potenzial. Zahlreiche Unternehmen weltweit stellen bereits aus Wasser, CO_2 und regenerativer Energie Treibstoffe, Kunststoffe und sogar Proteine her. Mit CCU wird aber im Gegensatz zur Lagerung oder Bindung CO_2 recycelt und nur zum Teil längerfristig

gebunden – dann wenn z. B. aus CO_2 Baustoffe, Farben etc. produziert werden.

Einige Beispiele aus einer Vielzahl von Unternehmen zeigt die Tabelle. In naher Zukunft könnten für solche Unternehmen diese Lagerstätten begehrte Rohstoffquellen werden, aus denen CO_2 einfach zu beziehen wäre. Wem gehören diese Lagerstätten dann, wer verkauft an wen?

Wissenschaftler gehen noch einen Schritt weiter. Mit erneuerbarer Energie wird Wasserstoff produziert und mit dem gelagerten CO_2 zu Methan verbunden (Power-to-Gas), das dann in benachbarten Gasfeldern gelagert wird. Das gegenwärtige Potenzial solcher kombinierten Gaslager wird in Deutschland auf 80 TWh geschätzt [18].

Fazit

Kurzgefasst: Wir müssen CO_2-Emissionen vermeiden, CO_2 recyceln (CCU), CO_2 rücklagern und rückbinden – ab sofort und alles parallel. Mit der Einlagerung von gasförmigem CO_2 in geologische Formationen steht der Menschheit eine Technologie mit großer Kapazität für die Negativemission zur Verfügung. Die Gesamtspeicherkapazität ausgedienter Gas- und Ölfelder sowie Aquifere auf unserem Planeten wird auf mehrere tausend Gt geschätzt [11]. Die Angaben bisheriger Studien variieren allerdings noch um Größenordnungen.

Für eine breite Anwendung fehlen die Rahmenbedingungen: die Anlagen für die CO_2-Abscheidung in großem Maßstab genauso wie das Fachpersonal. Gemessen an der geforderten Menge, die entsorgt werden muss, sind die bisher eingelagerten Mengen Größenordnungen im Experimentierstadium. Denn z. B. 1000 Mio Tonnen eingelagerten Kohlenstoffdioxids entsprächen nur 0,1 % von 1000 Gt oder ca. 2,5 % der CO_2-Menge, die global jährlich emittiert wird.

Bei einer sorgfältigen Auswahl des Speichers, zuverlässiger betrieblicher Überwachung und gezielten Vorsorgeprogrammen sollte das Risiko eines unbemerkten Wiederaustretens des Gases gering sein. Im Vergleich zu dem, was auf die Menschheit zukommen wird, wenn sie die Atmosphäre nicht saniert, wäre dieses Restrisiko wohl zu vernachlässigen.

Wenn sich CO_2 über längere Zeiträume mit dem Umgebungsgestein der Lagerstätten in größeren Mengen verbindet und es in fester Form als natürliches Mineral in der Erdkruste fixiert wird, würde die langfristige Speichersicherheit zunehmen. Modellierung zeigen, dass bei der Einlagerung in das Ketziner Speichergestein 10–25 % nach 10.000 Jahren mineralisiert bzw. versteinert sein könnte [16].

Die Menschheit steht vor existenziellen Herausforderungen. Sie muss Entscheidungen treffen ohne Erfolgsgarantie und jede akzeptable Option [30] nutzen, CO_2 aus der Lufthülle des Planeten zurückzuholen. Dabei gilt es Nutzen und Risiko vorausschauend gegeneinander abzuwägen.

Ein „Weiter wie bisher" ist ausgeschlossen: Dies würde unsere Zivilisation in ihren Grundfesten bedrohen. Anzeichen dafür begegnen uns inzwischen fast täglich.

Dr. Ing. Michael Trapp …

… ist Chemiker und Biochemiker, ehem. Manager in der Pharmazeutischen Industrie, Pensionär und Autor zum Thema Klimawandel.
michael_trapp@t-online.de

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

*Mit freundlicher Unterstützung von **Franz May** (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) und **Prof. Michael Kühn** (Deutsches GeoForschungsZentrum, GFZ).*

Literatur

1 Cao L, Caldeira K. Atmospheric carbon dioxide removal: long-term consequences and commitment. Environmental Research Letters 2010; 5(2)

2 Climeworks, Zürich (https://climeworks.com/)

3 CO_2-Uhr; https://www.mcc-berlin.net/forschung/co2-budget.html; aufgerufen am 1.11.2021

4 de la Vega E, Chalk TB, Wilson PA et al. Atmospheric CO_2 during the Mid-Piacenzian Warm Period and the M2 glaciation. Sci Rep. 2020; 10: 11002

5 Förster HJ, Wilke FDH, Bock S et al. Mineralogical responses to 9-years of interaction of a CO_2-charged brine with a sandstone aquifer: Observations from the Ketzin CO_2-storage pilot site (Germany): Conference: 10th Trondheim Conference on Carbon Capture, Transport and Storage TCCS-10, 2019; GFZpublic (gfz-potsdam.de); Pilotstandort Ketzin: Überblick (https://www.co2ketzin.de/standort-ketzin/ueberblick); aufgerufen am 1.11.2021; vgl. auch Liebscher A, Martens S, Möller F et al. Sichere und verlässliche geologische CO_2-Speicherung am Pilotstandort Ketzin, Brandenburg, Deutschland. Ernst & Sohn Verlag, geotechnik 2012; 35 (Heft 3)

6 Furre A-K, Eiken O, Alnes H et al. 20 years of monitoring CO_2-injection at Sleipner. Energy Procedia 2017; 114: 3916–3926

7 Global Monitoring Laboratory (Mauna Loa), verfügbar unter: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/data.html, aufgerufen am 1.11.2021

8 Gruber N et al. The oceanic sink for anthropogenic CO_2 from 1994 to 2007. Science; 15 March 2019. DOI: 10.1126/science.aau5153

9 https://cen.acs.org/environment/greenhouse-gases/capture-flue-gas-co2-emissions/99/i26

10 https://co2crc.com.au/; aufgerufen am 1.11. 2021

11 https://co2crc.com.au/about-ccus/storage/; aufgerufen am 1.11.2021

12 https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series und https://data.giss.nasa.gov/gistemp

13 https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/auf-dem-weg-in-die-heisszeit-planet-koennte-kritische-schwelle-ueberschreiten; aufgerufen am 1.11.2021

14 https://www.un.org/sg/en/node/259106; aufgerufen am 1.11.2021

15 IPCC (2013): Climate Change 2013, Working Group I: The Science of Climate Change, 6.3.3.3

16 Kempka T, De Lucia M, Kühn M et al. Geomechanical integrity verification and mineral trapping quantification for the Ketzin CO_2 storage pilot site by coupled numerical simulations. Energy Procedia 2014; 63: 3330–3338

17 Knopf S, May F, Müller C, Gerling JP. Neuberechnung möglicher Kapazitäten zur CO_2-Speicherung in tiefen Aquifer-Strukturen. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 2010; 60. Jg; Heft 4 (www.bgr.bund.de)

18 Kühn M, Nakaten NC, Kempka T. Geological storage capacity for green excess energy. Adv. Geosci. 2020; 54: 173–178

19 Lenton TM, Rockström J, Gaffney O et al. Climate tipping points — too risky to bet against. Nature 2019; 575(7784): 592–595

20 Varghese AM, Karanikolos GN. CO_2 capture adsorbents functionalized by amine – bearing polymers: A review. Int J of Greenhouse Gas Control 2020; 96: 103005

21 Minx JC, Lamb WF, Callaghan MW et al. Negative emissions – Part 1: Research landscape and synthesis. Environ. Res. Letters 2018; 13: 063001

22 Fuss S, Lamb WF, Callaghan MW et al Negative emissions – Part 2: Costs, potentials and side effects. Environ. Res. Letters 2018; 13: 063002

23 Nemet GF, Callaghan MW, Creutzig F et al. Negative emissions – Part 3: Innovation and upscaling. Environ. Res. Letters 2018; 13: 063003

24 Monastersky R. Seabed scars raise questions over carbon-storage plan. Nature 2013; 504: 339–340

25 Ripple WJ, Wolf C, Newsome TM et al. World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021. BioScience 2021; 71(9): 894–898

26 Rosier SHR, Reese R, Donges JF et al The tipping points and early warning indicators for Pine Island Glacier, West Antarctica. The Cryosphere 2021; 15: 1501–1516 https://tc.copernicus.org/articles/15/1501/2021/tc-15-1501-2021.html

27 Scott V. Carbon dioxide storage is secure. Nature 2014; 506: 34

28 Steffen W, Rockström J, Richardson K et al. Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. PNAS 2018; 115(33): 8252–8259

29 Tripati AK, Roberts CD, Eagle RA et al. Coupling of CO_2 and ice sheet stability over major climate transitions of the last 20 million years. Science 2009; 326(5958): 1394-7

30 Warszawski L. All options, not silver bullets, needed to limit global warming to 1.5 °C: a scenario appraisal. Environ. Res. Lett. 2021; 16: 064037

31 UNEP (2017). The Emissions Gap Report 2017. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi

*Zu diesem Artikel können Sie einen weiteren Beitrag in der Zeitschrift **Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis** lesen, der im April 2022 publiziert wurde.*

Auszug aus Teil 2

Tausend Milliarden Tonnen Kohlenstoffdioxid zu viel in der Atmosphäre

Teil 2: Kohlendioxid biologisch und chemisch binden

Um unbeherrschbare Klimawandelfolgen zu verhindern, müssen in diesem Jahrhundert bis zu 1000 Gt Kohlendioxid (Tausend Milliarden Tonnen) dauerhaft aus der Atmosphäre entfernt werden (Negativ Emission/NE). Dazu muss konzentriertes CO_2 gasförmig gelagert, chemisch oder biologisch gebunden werden. Das heißt, wir müssen das in der Atmosphäre überschüssige CO_2 über möglichst lange Zeiträume temporär lagern oder speichern und letztlich in erdgeschichtlichen Zeiträumen entfernen.

Michael Trapp, Berlin

Im Teil 1 von *Tausend Milliarden Tonnen Kohlenstoffdioxid zu viel in der Atmosphäre* wurde die gasförmige Lagerung von CO_2 beschrieben, die einer dauerhaften CO_2-Entfernung entspricht, denn Gaslagerung kennt der Planet seit Millionen Jahren. Eine weitere technologische Option zur dauerhaften CO_2-Entfernung ist die Gasversteinerung im Sinne des Steinzyklus (Teil 2). Ergänzt werden muss dies durch eine temporäre CO_2-Lagerung und Speicherung. Dazu zählen z. B. Wieder-/Aufforstung, Wiedervernässung von Mooren oder Seegrasanpflanzungen, die ebenfalls im Teil 2 beschrieben werden. Diese Verfahren sind temporär, weil diese CO_2-Senken einem natürlichen Kohlenstoffkreislauf unterliegen. Die Dringlichkeit der Entlastung der Atmosphäre von CO_2 sowie die ökologischen Synergien (Bewahrung der Biodiversität, Stabilisierung des Wasserhaushalts, Küstenschutz, etc.) bedingen, dass jede Maßnahme und Technologie einer Negativ-Emission unverzüglich zu nutzen ist. Aktuelle Krisen dürfen davon nicht ablenken, denn ist das Gleichgewicht der Erdsphären eines Tages irreversibel gestört, ist auch die Zukunft menschlichen Lebens bedroht.

Teil 2 finden Sie unter
https://www.gpau.de/media/2015/pdfs/PaedAll_2_2022_Umwelt_Kohlenstoffdioxid_II.pdf.

Das Leitbild der GPA

Die Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin (GPA) versteht sich als Interessenvertretung der allergologisch tätigen Kinder- und Jugendärztinnen und -ärzte auf Bundesebene in allen die Klinik und Praxis betreffenden Angelegenheiten.

Aufgaben

Zu den Aufgaben der Gesellschaft zählen:

- Förderung der wissenschaftlichen Allergologie, u. a. auch durch die Vergabe des Förderpreises Pädiatrische Allergologie und der Lucie Adelsberger Medaille. Die zehn wissenschaftlichen Arbeitsgruppen (WAGs) der GPA koordinieren die Forschungsaktivitäten in ihren jeweiligen Bereichen,
- jährliche Durchführung der wissenschaftlichen Tagung „Deutscher Allergiekongress" (gemeinsam mit dem Ärzteverband Deutscher Allergologen (AeDA) und der Deutschen Gesellschaft für Allergologie und Klinische Immunologie (DGAKI),
- Förderung der Qualitätssicherung im Bereich der pädiatrischen Allergologie und Umweltmedizin,
- Herausgabe der vierteljährlich erscheinenden elektronischen Zeitschrift „Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis" und des monatlichen eNewsletters der GPA,
- Förderung der Fort- und Weiterbildung allergologisch und pneumologisch interessierter Kinder- und Jugendärztinnen und -ärzte im Rahmen der regionalen Tagungen,
- Koordination der umfangreichen Fortbildungsangebote der vier regionalen pädiatrisch-allergologischen Arbeitsgemeinschaften, die unter dem Dach der GPA zusammengeschlossen sind,
- Zusammenarbeit mit anderen Organisationen in den Bereichen Allergologie, Kinder- und Jugendheilkunde, Pädiatrische Pneumologie, Patientenschulung und Umweltmedizin.

Die Preise der GPA

Förderpreis Pädiatrische Allergologie (Forschungspreis)

Die GPA vergibt jährlich den Förderpreis Pädiatrische Allergologie an Einzelpersonen oder Gruppen, die sich in herausragender Weise um die Verbesserung der Situation allergiekranker Kinder bemühen. Der Preis, der zusammen mit dem Nestlé Nutrition Institute gestiftet wird, besteht aus einer finanziellen Zuwendung von bis zu 10.000 Euro, die der weiteren finanziellen Sicherung des gewürdigten Projekts dienen soll.

Lucie Adelsberger Medaille

Erstmalig verlieh die GPA im Jahr 2015 die Lucie Adelsberger Medaille für hervorragende Leistungen in wissenschaftlicher, ärztlicher und gesellschaftlicher Hinsicht auf dem Gebiet der pädiatrischen Allergologie. Den wissenschaftlichen und beruflichen Zielen der Namensgeberin des Lucie Adelsberger Preises entsprechend soll dieser Preis besonders die Kolleginnen und Kollegen ehren, die sich um Forschung und Lehre, den Wissenstransfer von der Klinik in die Praxis und die Verbesserung der Situation allergiekranker Kinder und Jugendlicher verdient gemacht haben.

GPA-Welle

Mit dem Ehrenpreis der GPA, der „GPA-Welle", wird das Lebenswerk von Menschen gewürdigt, die mit ihrem Engagement für die pädiatrische Allergologie viele Menschen durch ihre Tätigkeit in der GPA bewegt haben. „Die Welle" symbolisiert die Wirkung eines Menschen auf andere Menschen mit dem Bild eines Steins, der – ins Wasser gefallen – kreisförmige Wellen auslöst und damit seine Umgebung in Bewegung bringt.

Eine Mitgliedschaft in der GPA und den regionalen Arbeitsgemeinschaften lohnt sich

In der Regel werden Sie der regionalen Arbeitsgemeinschaft beitreten, die in Ihrer Region aktiv ist. Damit haben Sie kurze Wege zu den Jahressymposien und regionalen Fortbildungsveranstaltungen. Als Mitglied einer regionalen Arbeitsgemeinschaft sind Sie automatisch auch Mitglied im Dachverband GPA.

Im Mitgliedsbeitrag sind das Jahresabonnement des eJournals „Pädiatrische Allergologie in Klinik und Praxis" und des monatlichen eNewsletters enthalten. Für Mitglieder einer regionalen Arbeitsgemeinschaft gelten außerdem ermäßigte Teilnahmegebühren bei Tagungen der jeweiligen Arbeitsgemeinschaft und der GPA.

Seit April 2021 ist die GPA „Member Society" der Europäischen Akademie für Allergologie und Klinische Immunologie (EAACI). Hiermit sind ein niedrigerer Mitgliedsbeitrag für GPA Mitglieder sowie reduzierte Kongressgebühren bei Tagungen der EAACI verbunden.

Die GPA-Website

Ein wichtiges Ziel der GPA ist es, der Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin ein unverwechselbares Erscheinungsbild in der Öffentlichkeit zu verschaffen.

Bei der Überarbeitung der Internetseite wurde aber nicht nur das Webdesign zeitgemäß gestaltet, sondern auch die Struktur der Website komplett neu gegliedert.

Die GPA-Internetseite lässt sich intuitiv bedienen. Die unterschiedlichen Interessengruppen werden über Untermenüs, wie z. B. **Praxis Info**, **Patienten Info**, **Presse Info** oder **MFA Info** ohne Umwege und langes Suchen direkt auf die jeweils relevanten Inhalte der Website navigiert. Alternativ bzw. ergänzend bietet die Seite über Menüs wie **Die Gesellschaft**, **Mediathek**, **Service** eine inhaltsorientierte Navigation an. Darüber hinaus werden Seiten mit umfangreichem Inhalt, wie z. B. **Termine**, durch aufklappende Untermenüs übersichtlicher dargestellt.

www.gpau.de

Der eNewsletter – Wichtige Informationen im Monatstakt

Der eNewsletter erscheint regelmäßig einmal im Monat und versorgt die Mitglieder mit wichtigen Informationen in der Zeit zwischen den Erscheinungsterminen der GPA-Zeitschrift. Der eNewsletter berichtet über interessante wissenschaftliche Publikationen, aktuelle Entwicklungen und Strömungen aus dem Bereich der Pädiatrischen Allergologie und Umweltmedizin, über Veranstaltungen der GPA sowie der regionalen Arbeitsgemeinschaften und vermittelt wichtige Informationen für die Mitglieder der Gesellschaft.

Der eNewsletter ist ausschließlich Mitgliedern der GPA vorbehalten und informiert mit kurzen Anlesern, die über Links zu ausführlichen Informationen im Internet führen.

Kurz, kompakt und immer aktuell: die GPA bei Twitter

Noch kompakter geht es im GPA-Account bei Twitter zu. Twitter ist ein Echtzeit-Mediendienst im Internet, über den Informationen, Stellungnahmen oder Meinungen im Telegrammstil mit nur 140 Zeichen verbreitet werden. Twitter wird von Privatpersonen, kleinen und großen nationalen und internationalen Firmen, von Politikerinnen und Politikern sowie einer Vielzahl von Organisationen zur Kommunikation in Kurzform genutzt. Mittlerweile haben sich auch Patientenorganisationen und internationale medizinische Fachgesellschaften fest bei Twitter etabliert. Prominente Beispiele sind etwa die European Academy of Allergy and Clinical Immunology (EAACI) oder die European Respiratory Society (ERS).

Die GPA verbreitet u. a. durch Netzrecherchen gewonnene Informationen über wichtige Entwicklungen in der pädiatrischen und allgemeinen Allergologie. Später soll Twitter komplett in die Kommunikation der Gesellschaft eingebunden werden. Schon heute werden die Tweets über einen Twitter-Feed auf der Startseite der GPA-Website gespiegelt.

Die GPA und ihre vier regionalen Arbeitsgruppen

Der AGPAS und damit der GPA gehören auch Mitglieder aus Österreich und der Schweiz an.