

UMWELTMEDIZIN

Die Zeit läuft uns davon!

Klimaschutz zwischen Realität, Vision und Fiktion

Michael Trapp, Berlin; Thomas Lob-Corzilius, Osnabrück

Die atmosphärische Kohlendioxidkonzentration und globale Oberflächentemperatur nehmen ungebremst zu. Weder Volkswirtschaften, die von ihren Fossilexporten abhängig sind, noch diejenigen, die fossile Energieträger nutzen, sind annähernd auf das vorbereitet, was längst überfällig ist: CO₂-Emissionen anhalten. Auch wir selbst werden unsere CO₂-emittierenden Produkte wohl noch lange benutzen. Damit nicht genug: Die globale Oberflächentemperatur wird nach Erreichen der Treibhausgas-0-Emission noch für viele Jahre weiter ansteigen, denn die Erdsphären haben ein „Gedächtnis“, sie unterliegen einem Trägheitsmoment. Eigeninteressen, Transformationsängste, Unwissenheit oder Gegenwarts Krisen blockieren den Weg zurück zu einer klimatischen Normalität.

Im Folgenden wird in einem strikt kausal gedachten Ansatz beschrieben, was wir trotz aller Hürden dringend tun müssen, um die uns noch zur Verfügung stehende Zeit zur Vermeidung eines kollabierenden Klimasystems besser zu nutzen.

Ganzheitliches Denken

Um das oben genannte Ziel erreichen zu können, sind ein ganzheitliches Denken erforderlich und Mut, die Grenzen zwischen Realität, Vision und Fiktion aufzuheben, denn der Druck zur Transformation wächst von Jahr zu Jahr. Hydrosphäre (Ozeane), Biosphäre (Pflanzen) und Kryosphäre (Eis) verändern sich schneller als manche Prognosen vorhergesagt haben. Ursache dafür ist die Atmosphäre, die wir in zunehmendem Maße als Müllhalde benutzt haben. Seit dem Beginn der Industrialisierung und besonders in den letzten Dekaden entsorgen wir Treibhausgase (ca. 80% CO₂, Rest CH₄, Stickstoffgase, Schwefelgase, Aerosole, fluorierte Gase), die mit unterschiedlichem Wirkungsgrad die Atmosphäre erwärmen. Von derzeit ca. 40 Gt (1 Gt = 1 Milliarde Tonnen) emittiertem CO₂ verbleiben davon ca. 45% in der Atmosphäre, 31% nehmen die Biosphäre und 23% die Ozeane auf.

Die atmosphärische CO₂-Konzentration liegt zurzeit bei ca. 415 ppm. Im vorindustriellen Zeitraum lag sie bei ca. 280



ppm und sie nimmt beschleunigt zu – von <1 ppm p. a. in den 1950er Jahren bis fast 3 ppm p. a. derzeit. Infolge unserer jahrzehntelangen Kohlendioxid-Abfallentsorgung befinden sich ca. 1000 Gt CO₂ mehr in der Atmosphäre im Vergleich zur vorindustriellen Zeit. Die globale Oberflächentemperatur ist seither um 1°C angestiegen. Dies sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die regionalen Temperaturzunahmen deutlich

höher liegen können. In Europa steuern wir bereits auf eine Temperaturerhöhung von 2°C zu [3].

Zudem sollten wir uns immer wieder bewusst machen, dass die 1,5°C- oder 2,0°C-Grenze keine Garantie für das Ausbleiben zumindest regionaler Kipppunkte bietet, auch wenn die mathematischen Modelle in der Klimaforschung immer besser werden.

Kipppunkt im Klimawandel

Vor einem Kipppunkt geht man im Allgemeinen von einem konstanten Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung aus. Das heißt mit Bezug auf den Klimawandel: Das Klimasystem bzw. die Erdsphären reagieren relativ langsam und linear auf die vom Menschen emittierten Treibhausgase. Da aber natürliche, komplexe Systeme nicht unendlich belastbar sind und bei Grenzüberschreitung sprunghaft und abrupt reagieren können, sind regionale oder globale drastische Klimaänderungen nicht ausgeschlossen. Solche Veränderungsprozesse können sich durch Rückkopplungen (das Überschreiten eines Kipppunkts kann die Überschreitung anderer auslösen) selbst verstärken und zu einem regionalen oder sogar zum globalen Zusammenbruch natürlicher Gleichgewichte führen mit verheerenden Auswirkungen auf die menschliche Zivilisation. Selbst kleine Beeinflussungen durch den Menschen – bisher scheinbar folgenlos gebliebene Eingriffe – können das „Fass zum Überlaufen bringen“.

Auch wenn die Ursache danach abgestellt werden würde, ist nicht sicher, dass sich wieder historische Verhältnisse auf der Erde einstellen. Man geht davon aus, dass die Änderungen irreversibel sein werden. Ein „Umkippen“ des Klimas wäre verbunden mit einem Erdsphärenungleichgewicht und stellt das größte Risiko der Gegenwart dar.

Ein Kipppunkt könnte z. B. erreicht sein, wenn plötzlich große Mengen Methan aus den Permafrostböden und vom Meeresgrund in die Atmosphäre entweichen. Dann würde die planetare Oberflächen-

temperatur sprunghaft ansteigen und das Klima kurzfristig wahrscheinlich so verändern, dass die Landwirtschaft die Weltbevölkerung nicht mehr ausreichend versorgen könnte.

Auch das verbleibende CO₂-Budget, also die Menge an CO₂, die wir noch emittieren dürfen, bevor +1,5°C oder +2,0°C erreicht werden, ist nur eine theoretische Zahl. Bei 40 Gt emittiertem CO₂ p. a. würden wir demnach in 5 Jahren 1,5°C und nach 20 Jahren 2,0°C erreicht haben – mit einer Wahrscheinlichkeit von 66% [2].

Würden Sie in ein Flugzeug einsteigen, das mit dieser Wahrscheinlichkeit am Ziel ankommt?

Immer neue Wärmerekorde

Auch Anfang 2020 gab es die nächsten Temperaturrekorde. Der Januar 2020 war global der wärmste Januar seit Beginn der Temperaturlaufzeichnung und die Monate Februar und März 2020 die zweitwärmsten [3].

Es gibt wohl keinen Zweifel mehr daran, dass wir einen Klimanotstand haben und dringend eine umfassende gesellschaftliche und wirtschaftliche Transformation hin zur Klimaneutralität brauchen. Einsparungen und Reduktion der Treibhausgasemissionen reichen dafür aber nicht mehr aus. Jede CO₂-Restemission, inkonsequente Maßnahme zur Stabilisierung des planetarischen Kohlenstoffhaushalts oder jeder Kompromiss im Transformationsprozess würde die Atmosphäre weiter aufheizen, das Ungleichgewicht der Erdsphären verstärken und damit einen möglichen Kipppunkt lediglich verzögern. Wir brauchen eine Art **globalen Marshallplan**, der uns zwingt die Transformation zu Ende zu denken.

CO₂-Neutralität?

Da unsere Gesellschaft und Weltwirtschaft mehrere Dekaden benötigen werden, um für alle Prozesse, Produkt- und Dienstleistungen auf eine CO₂-Neutralität zu kommen, muss Kohlendioxid im Gigatonnen-Maßstab mit allen uns zur Verfügung stehenden Optionen rückgebunden werden, bis wir die Emissionen minimiert haben. Minimierung ist deshalb so wichtig, weil eine absolute CO₂-Neutralität in letzter Konsequenz mittelfristig technisch wahrscheinlich gar nicht möglich sein wird. Es werden Restemissionen bleiben sowie bisher nicht vermeidbare CO₂-Emissionen, z. B. aus der Betonproduktion oder in der Landwirtschaft. Die Anstrengungen werden gigantisch sein und reichen von Einsparungen, Effizienzsteigerungen, CO₂-Recycling, Entsorgung von Emissionsresten bis zur Entlastung der Atmosphäre von Altlasten. Über allen Maßnahmen steht eine emissionsfrei, d. h. regenerativ erzeugte Energiemenge, die weit über die derzeitige hinausgeht. Technologisch scheint das alles machbar, auch wenn viele Innovationen noch in den Kinderschuhen stecken oder die Forschungs- und Entwicklungslabore noch nicht verlassen haben. Wir müssen sie „nur“ am Markt etablieren, die Forschung mit Hochdruck fördern und Rentabilitätsberechnungen unter völlig anderen Rahmenbedingungen erstellen.

Grundlagen der Transformation

Vier Säulen der Transformation:

- Emissionsfreie Sonnen-, Wind-, Wasser- und Erdwärmeenergie
- Kohlendioxid-Isolierung (CDR; Carbon Dioxide Direct Removal)
- Kohlendioxid-Recycling (CCU; Carbon Dioxide Capture & Utilization)
- Kohlendioxid-Rückbindung und -Speicherung

Vision oder Fiktion? Weder noch: Es gibt Transformationspioniere unter den Konzernen, bei Mittelständlern, Startups, Vermögensverwaltern und Banken, die sich das Nachhaltigkeitsziel im Sinne der Klimaneutralität gesetzt und begonnen haben, auf diesen vier Säulen aufzubauen. Hier werden nur wenige Beispiele aus der Welt der innovativen Pioniere vorgestellt.

Bosch hat ein umfangreiches Programm aufgestellt und auf seiner Website angekündigt, bis 2030 1,7 TWh Energie einzusparen sowie 400 GWh des Energiebedarfs selbst regenerativ zu erzeugen [5]. Um die entsprechenden Maßnahmen auch finanziell zu fördern, hat die Bosch-Geschäftsführung für die Jahre 2018 bis 2030 ein jährliches Zusatzbudget von 100 Mio. Euro bewilligt. Dr. Volkmar Denner, Vorsitzender der Geschäftsführung, sagte: „Unternehmen sollten kurzfristig die CO₂-Neutralität wagen.“

AUDI erzeugt mithilfe von Sonnenenergie aus CO₂, Brauchwasser und photosynthetisch aktiven Mikroorganismen flüssige Kraftstoffe wie z. B. Ethanol [6]. Für diese Vorgänge nutzt der Konzern Brauchwasser aus industriellen Abfällen, Salz- oder Abwasser. Der Vorteil dieses CO₂-Recyclings ist, dass landwirtschaftliche Nutzflächen oder sauberes Trinkwasser nicht benötigt werden. Denn für die Nutzung von CO₂ als Rohstoff im Millionen-Tonnen-Maßstab werden auch große Mengen Wasser benötigt (CO+H⁺). Es ist deshalb essentiell, dass diese Technologien Schmutz- und besonders Salzwasser verwenden können.

Solar Foods Ltd. will den internationalen Lebensmittelmarkt mit einem Protein beliefern, das aus Sonnenenergie, CO₂, Luft und Wasser unter Mineralzusatz hergestellt wird [7]. Markteinführung ist für Ende 2021 geplant (Website Solar Foods Ltd.: Production NOT DEPENDENT

on weather, climate or agriculture. The end product looks and tastes like wheat flour, WITH 50% PROTEIN CONTENT and 5–10% fat and 20–25% carbs. At Solar Foods, we've created a revolutionary way to produce natural protein by using renewable electricity and air.)

Die Nutzung von CO₂ und Wasser für die Entlastung der Landwirtschaft könnte bei wachsender Weltbevölkerung und weiteren klimatischen Veränderungen eine Schlüsselrolle bei der Nahrungsmittelversorgung spielen.

An den genannten Beispielen zeigt sich der Vorteil global aufgestellter Konzerne: Sie haben internationalen Einfluss. Sie können deshalb emissionsfreie Technologien und Konzepte zur CO₂-Neutralität in andere Länder exportieren.

sunfire ist ein mittelständisches Unternehmen in Dresden, das u. a. mit selbst produzierter Solarenergie aus CO₂ der Luft und Wasser Methan oder Wasserstoff produziert [8]. Ob als Grundlage für Treibstoffe, Heizstoffe oder als Energiespeicher – Methan oder Wasserstoff werden sicherlich in der Zukunft eine große Rolle spielen. Mit der flächendeckenden Erdgasversorgung existieren europaweit Anlagen für den Transport, die Speicherung und den Gebrauch von Gasen als Energieträger und sind besonders für die dezentrale Energieversorgung von Bedeutung.

climeworks, ein junges Unternehmen aus Zürich, hat eine Methode entwickelt, die energieeffizient reines CO₂ aus der Luft filtert [9]. Amide auf den Filtern binden das CO₂, was anschließend bei 100°C abgesaugt wird. Die Produkte sind reines CO₂ und CO₂-freie Luft. Die Filter sind mehrere tausend Mal verwendbar, bevor sie erneuert werden müssen. Um für das CO₂-Recycling oder für die Rückbindung – die dezentrale Bereitstellung von riesigen Men-

gen Kohlendioxids ist ein Schlüsseltechnologie. Denn die Nutzung von CO₂ aus Abgasquellen fossiler Energieträger entfällt dann, wenn Erdöl, Erdgas und Kohle der Geschichte angehören. Auch die derzeitige Nutzung sollte dem Transport und dem Reinheitsgrad gegenüber gestellt werden. CO₂ aus der Luft kann an jedem Ort der Erde rein gewonnen werden.

Dies sind nur einige Beispiele aus der Welt der Transformationstechnologien. Die Schatztruhe der Natur hält noch vieles bereit, was wir im ökologischen Einklang nutzen können (Abb.). So werden z. B. am KIT (Karlsruher Institut für Technologie) Bakterien genutzt, die unter bestimmten Bedingungen Kunststoff erzeugen. Mit mikrobiologischen Ansätzen entfällt die Bereitstellung von CO₂, da sich die Bakterien das Gas selbst aus der Luft holen. Werden wir erleben, dass die Ö raffinerien anstatt Erdöl zu verarbeiten mit Bakterien die Materialwirtschaft versorgen?

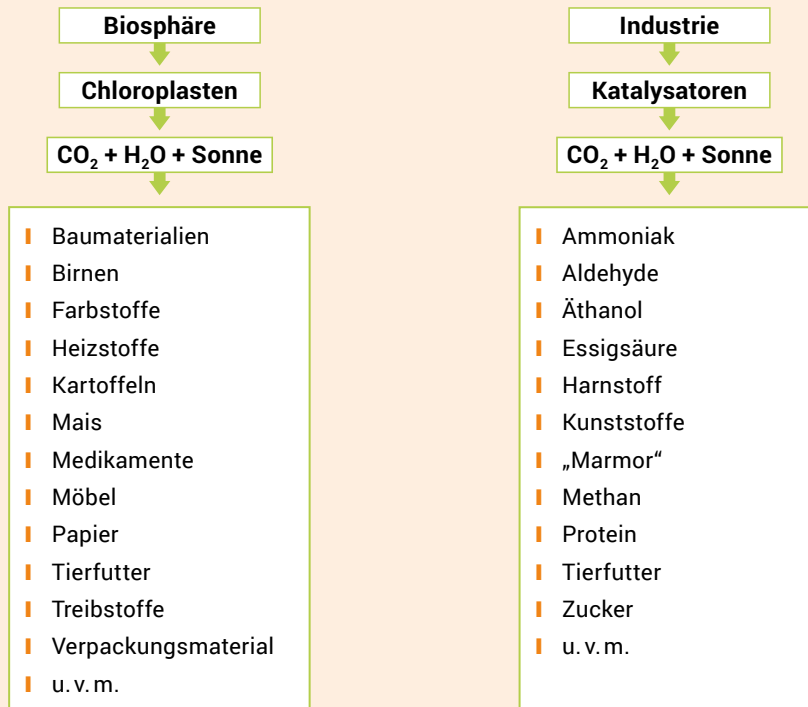
CO₂-Rückbindung ist unverzichtbar

Während es zahlreiche innovative Ansätze gibt, um das CO₂-Recycling auf breiter Ebene zu etablieren, scheint die Rückbindung von CO₂ im Gigatonnen-Maßstab noch in den Kinderschuhen zu stecken. Um auf der sicheren Seite zu sein, müssten wir die emittierten Mengen, die in den nächsten Dekaden noch nicht vermeidbar sind, vollständig rückbinden (zurzeit 40 Gt p. a.) und zusätzlich die überschüssige Menge von ca. 1000 Gt in der Atmosphäre reduzieren.

Vision oder Fiktion? Technisch nicht machbar? Zu teuer? Nein; wir haben keine Wahl, denn das Ausmaß der Atmosphärenentlastung wird die Zukunft der Menschheit in den nächsten zwei Dekaden entscheidend beeinflussen. Denn die Kosten für Anpassung an und

Abbildung. Kohlendioxid ist ein universeller Rohstoff

Die Schöpfung ist unerschöpflich



Pflanzen produzieren mit ihren Chloroplasten aus CO₂ und Wasser mit Sonnenenergie alles, was wir zum Leben brauchen. Wir können es teilweise auf chemisch-physikalischem Weg nachahmen – wenn auch nicht so perfekt, wie es die Natur vormacht.

Schadensbehebung durch die Klimawandelfolgen könnten schnell ein Vielfaches von dem erreichen, was die Rückbindung und Lagerung dieses Treibhausgases kosten wird. Und um menschliches Leid zu verhindern, sollte keine Maßnahme zu teuer sein. In den nächsten 5 Jahren kommt es darauf an zu klären, welche der Maßnahme in welchem Zeitraum mit welcher Rückbindungskapazität zu welchem Preis und Restemissionsmenge das Treibhausgas für welchen Zeitraum mit welchem Risiko bindet oder lagert.

Atmosphärenentlastung

Geologische Maßnahmen mit dem Ziel, die Atmosphäre zu entlasten, versprechen kurzfristige Entlastung und große

Entsorgungskapazitäten. Der Wiederaufbau von Wäldern und Mooren brauchen dagegen Jahre bis Jahrzehnte, bis diese nachhaltig wirksam nach ihrer Wiederaufforstung und Renaturierung in großen Mengen die Atmosphäre von CO₂ befreien können.

Letztlich werden wir aber alle Optionen nutzen müssen, die vorübergehend und auf Dauer das Gas in der Erdkruste fixieren. Der Schutz, die Renaturierung und die Nutzung natürlicher CO₂-Senken oder -Absorber stehen dabei ganz oben auf der Agenda, auch weil diese Maßnahmen einen überlebenswichtigen Doppeleffekt haben, denn mit ihnen geht der für den Menschen überlebensnotwendige Naturschutz ein-

her. Denn die Biodiversität ist wie das Klima in einem Ausmaß bedroht, das wir nur annäherungsweise einschätzen können.

Angeführt wird die Agenda von einem biologischen Mechanismus, der das Fundament allen Lebens auf diesem Planeten bilden, von den Chloroplasten und mit ihnen vom Phytoplankton und folgend dem Zooplankton. Die größte gebundene Menge an Kohlenstoff ist nicht in den Wäldern oder Mooren, sondern in pflanzlichen und tierischen Kleinstlebewesen der Weltmeere gebunden. Deshalb muss das Plankton genauso streng oder noch strenger geschützt werden, wie Wälder, Moore und andere Biotope. Eine neue Studie der Universität Kiel belegt: Meeresplankton nimmt große Mengen des menschengemachten Kohlendioxids auf und vermindert so die Erderwärmung, bis Versauerung und Wassertemperatur der Ozeane ihre Belastungsgrenzen erreicht haben. Dieses Thema kann hier aber nur angerissen werden, seine Vertiefung würde ein Buch füllen.

Natürliche CO₂-Senken

(Folgende Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit).

Aufforstung, Wiederaufforstung unter Beachtung klimatischer Veränderungen.

Da sich die Klimazonen verschieben, muss sich die Forstwirtschaft mit entsprechenden Baumarten anpassen. Die Bodenfeuchtigkeit und das Spektrum der Schädlinge werden sich ändern und Windgeschwindigkeiten werden weiter zunehmen. Baumplantagen oder Monokulturen haben unter den zu erwartenden klimatischen Veränderungen geringe Chancen, ihre Wirtschaftlichkeit wird schrumpfen. Diese Entwicklung ist in Deutschland in den letzten 3 Jahren bei-

spielhaft zu beobachten: Die trockenen Sommer haben nicht nur zu vermehrten Waldbränden, sondern vor allem auch Absterben primär von Nadelhölzern, aber in 2019 auch Buchenwäldern geführt. Die exponentielle Zunahme des Borkenkäfers „besorgte“ den Rest.

Aufforstung (bisher nicht genutzte Flächen) und Wiederaufforstung (abgeholzte Flächen) sind mit einem verzögerten Effekt verbunden. Bäume binden in den ersten Jahren nach Pflanzung geringe Mengen CO₂. Erst mit zunehmendem Alter wird vermehrt Biomasse gebildet. Um eine Tonne CO₂ aufnehmen zu können, muss z. B. eine Buche etwa 80 Jahre wachsen. Ab einer bestimmten Größe nimmt dieser Baum 12,5 kg CO₂ pro Jahr auf. Man müsste also 80 Bäume pflanzen, um jährlich eine Tonne CO₂ wieder zu kompensieren [10].

Aufforstung und Wiederaufforstung sind essentielle Bausteine im Maßnahmenpaket für die Atmosphärenentlastung, aber verbunden mit einem Verzögerungseffekt und dauern nur solange, wie ihre Biomasse nicht wieder verbrannt wird.

Wiederherstellung/Wiederbepflanzung von Seegraswiesen. Seegras ist ein wenig bekannter CO₂-Absorber; noch weniger bekannt ist, dass es pro Flächeneinheit ein Vielfaches von Wäldern absorbiert. Es kommt weltweit vor, an den Küsten aller Kontinente mit Ausnahme der Antarktis. Seegras ist vielleicht eines der wichtigsten Ökosysteme auf dem Planeten und von den natürlichen CO₂-Absorbern möglicherweise der mit der größten Absorptionskapazität. Seegras verwandelt Kohlendioxid in feste Kohlenstoffverbindungen, die auch nach dem Absterben im Meeresboden gebunden bleiben.

Ähnlich dem Waldsterben gibt es jedoch seit Jahren ein durch Parasiten ausge-

löstes Seegrassterben, und einige Parasiten scheinen von höheren Wassertemperaturen sogar zu profitieren. Auch Überdüngung hat zum Rückgang von Seegraswiesen geführt. Dem Schutz, der Wiederherstellung und Expansion von Seegraswiesen muss deshalb höchste Priorität eingeräumt werden. Wissenschaftler haben mit Renaturierungsprogrammen in Island und in der Chesapeake Bucht bei Baltimore gezeigt, dass es möglich ist, Seegraswiesen wiederzubeleben. Jüngst wurde ein ähnliches Projekt auch bei Wales gestartet.

Pyrolyse – ein multipler Ansatz. Mit der Pyrolyse kann aus Biomasse Energie gewonnen, der Boden verbessert und Kohlendioxid sicher rückgebunden werden – sogar in größeren Mengen. Aus Holz, Pflanzen, Knochen oder anderer Biomasse wird bei hohen Temperaturen unter Sauerstoffausschluss sogenannte Biokohle hergestellt. Das bei diesem Prozess austretende Gas wird zur Energiegewinnung genutzt, die zurückbleibende Masse ist vielfältig nutzbar. In der Landwirtschaft wird sie biologisch aktiviert zur Bodenverbesserung eingesetzt, im Bausektor als Dämmstoff, in der Abwasser- und Trinkwasserbehandlung als Filtermaterial oder als Abgasfilter in der Textilindustrie. Für die Böden ist diese Maßnahme besonders wichtig. Die Humusschicht, die durch Intensivnutzung in der Vergangenheit dünner geworden ist, kann mit dieser Maßnahme wieder vergrößert werden.

Damit ist auch die Pyrolyse als CO₂-Absorber eine der wichtigsten Maßnahmen im Programm der Atmosphärenentlastung, da Biokohle letztendlich ohne Risiken auch in großen Mengen eingelagert werden kann, z. B. in alte Bergwerke.

Feuchtgebiete und Moor-Renaturierung. Feuchtgebiete und Moore haben eine

sehr hohe CO₂-Bindungskapazität pro Flächeneinheit und sind langfristig als Ökosystem von immenser Bedeutung. Moore binden Biomasse durch Zersetzungsprozesse und speichern dadurch Kohlendioxid, lagern es als Torf ein. Obwohl sie nur ca. 3% der Landfläche bedecken, ist ihr Kohlenstoffgehalt vergleichbar mit denen anderer Ökosysteme, wie z. B. den Wäldern (s. auch: [↗ https://www.moorfutures.de/](https://www.moorfutures.de/)).

Hier gilt es, die noch vorhandenen Moore unbedingt zu erhalten, denn ihre Renaturierung benötigt je nach Zustand lange Zeiträume, bis diese wieder wirksam als Speicher funktionieren. Sollte es durch den Klimawandel zu ausgedehnten Trockenperioden kommen, steht diese Maßnahme vor großen Herausforderungen. Torfabbau ist deshalb kontraproduktiv und muss sofort eingestellt werden.

Die Absorption durch natürliche CO₂-Senken wird aber nicht ausreichen, um 40 Gt CO₂ p. a. und mehr kurzfristig zurückzuholen. Zudem könnte die Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Produkte als Energieträger schon in naher Zukunft obsolet sein. Ohne technologische Unterstützung wird die Entsorgung von überschüssigem Kohlendioxid nicht gelingen.

Beschleunigung geologischer Prozesse

Das oben erwähnte Unternehmen clime-works arbeitet mit **carbfix** [11] zusammen, einem isländischen Unternehmen, das mit Unterstützung der EU in größerem Maßstab CO₂ karbonisiert. Hier wird eine Technologie erprobt, die kurzfristig einen bedeutenden Beitrag dazu leisten könnte, die Atmosphäre zu entlasten. carbfix hat in jüngster Vergangenheit erfolgreich gezeigt, wie CO₂ mithilfe von Vulkangestein (Silikaten) und Wärme in 600–800 m Tiefe vorwiegend zu CaCO₃,



FeCO_3 und MgCO_3 umgewandelt, also versteinert werden kann. Dies sind Mineralien, wie sie auch in natürlichen geologischen Prozessen entstehen (Marmor besteht z. B. aus CaCO_3) – nur benötigt die Natur dafür tausende Jahre. Im ersten Schritt wird also Kohlendioxid aus der Luft isoliert und im zweiten Schritt wird es in warmem Wasser gelöst und in die Erde gepumpt, wo es in 2 Jahren fast vollständig zu Stein umgewandelt wird.

Erste Berechnungen zu der dabei benötigten Energiemenge, die z. B. allein für 30 Gt CO_2 -Bereitstellung erforderlich wären, erscheinen jedoch utopisch. Es wäre mehr als die Hälfte der heutigen weltweit verbrauchten Energie nötig [4]. Dennoch sollten wir die Forschung für das beschleunigte Verwittern von silikathaltigem Gestein beschleunigen und nach weiteren geologischen Formationen außerhalb von Island suchen, die Kohlendioxid in Stein verwandeln.

CO₂-Speicherung

Die CO₂-Speicherung in ausgebeuteten Gas-/Ölfeldern und salzhaltigen Forma-

tionen hat bislang das nicht bewiesene Image, mit hohen Risiken verbunden zu sein. Wir werden aber wohl mit den Restrisiken der CO₂-Speicherung, die nach bisherigen Erkenntnissen gering sind, leben müssen.

Was wenige wissen: Weltweit gibt es bereits mehr als 40 Pilotprojekte, die Kohlendioxid von einigen 1000 t bis zu 500.000 t einlagern. Das Pilotprojekt in Deutschland in Ketzin hat zwischen 2008 und 2013 67.000 t CO₂ sicher eingelagert und überwacht bis heute den Zustand der Einlagerungsstätte. Dieses und andere Pilotprojekte zeigen, dass diese Maßnahme als sicher betrachtet werden kann, wenn erforschte Einlagerungsbedingungen eingehalten werden [1].

Die geschätzten weltweiten Speicherkapazitäten betragen mindestens 2000 Gt, davon entfallen auf ausgebeutete Gas-/Ölfelder ca. 900 Gt und auf salzhaltige Formationen mindestens 1000 Gt. Bereits nach 4 Jahren konnte hier eine mineralische Bindung nachgewiesen werden. Modellierungen ergaben, dass sogar 40% nach 10.000 Jahren mineralisiert sein könnten.

Schlussfolgerung

Heutige Energiemengen vervielfachen, Milliarden Tonnen CO₂ recyceln und rückbinden, die Atmosphäre von Milliarden Tonnen CO₂ entlasten und alles so schnell wie möglich: Wir brauchen eine Atmosphärenentlastungswirtschaft. Das klingt angesichts der gegenwärtigen Herausforderungen, gewohnter Erhaltungskonzepte und traditioneller Führungsstrategien tatsächlich wie eine utopische Vision. Um sie dennoch zu realisieren, brauchen wir eine Weltgemeinschaft, die an einem Strang zieht und bereit ist, ihr sicheres Terrain zu verlassen und die Gesetze der Natur als unumstößlich begreift. Denn die

Natur wird ihren eigenen Weg gehen, um ein neues Kohlenstoffgleichgewicht auf dem Planeten einzustellen.

Die aktuelle Corona-Pandemie zeigt uns, wie sensibel und anfällig die von uns geschaffenen Lebenswelten geworden sind. Es wird Zeit, staatliche, geistige und materielle Grenzen einzureißen, wenn wir unseren Kindern eine lebenswerte Zukunft hinterlassen wollen. Es liegt in unseren Händen, die posthumane Epoche zu verhindern – die Natur zeigt uns, wie es gehen könnte.

Dr. Ing. Michael Trapp

klimaerben.@t-online.de

Dr. med. Thomas Lob-Corzilius

Sprecher der WAG Umweltmedizin der GPA
thlob@uminfo.de

Literatur

- 1 Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ Potsdam
- 2 Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gGmbH; EUREF Campus 19 Torgauer Str. 12-15 10829 Berlin
- 3 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ↗ https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/globe/land_ocean/1/7/1880-2019?trend=true&trend_base=10&firsttrendyear=1880&lasttrendyear=2019
- 4 Realmonde G, Drouet L, Gambhir A et al. An inter-model assessment of the role of direct air capture in deep mitigation pathways. Nature Communication 2019; 10(1): 3277
- 5 ↗ <https://www.bosch.com/de/unternehmen/nachhaltigkeit/umwelt/>
- 6 ↗ <https://www.audi-technology-portal.de/de/mobilitaet-der-zukunft/audi-future-lab-mobility/audi-future-energies/audi-e-diesel-und-e-ethanol>
- 7 ↗ <https://solarfoods.fi/#vision>
- 8 ↗ <https://www.sunfire.de/de/>
- 9 ↗ <http://www.climeworks.com/our-technology/>
- 10 ↗ <https://www.co2online.de/service/klima-orakel/beitrag/wie-viele-baeume-braucht-es-um-eine-tonne-co2-zu-binden-10658/>
- 11 ↗ <https://www.carbfix.com/>