

Nature-based solutions – ein zentraler Baustein zur Lösung der internationalen Energie- und Klimakrise¹

Franz Josef Radermacher²

¹ Erweiterte Fassung des Textes „Natur-basierte Lösungen – ein zentraler Baustein zur Lösung der internationalen Energie- und Klimakrise“ von F.J. Radermacher, erschienen in: Gottwald, F.-Th., Plagge, J., Radermacher, F.J. (Hrsg.). Klimapositive Landwirtschaft und andere Nature-based Solutions. Senat der Wirtschaft e.V., 2021. Der Text basiert in Teilen auf: Die internationale Energie- und Klimakrise überwinden – Methanolökonomie und Bodenverbesserung schließen den Kohlenstoffzyklus. Erschienen in: Europa fit machen für die Zukunft. Impulsbeiträge für eine gemeinwohlorientierte Europapolitik. Senat der Wirtschaft. Stiftung für gemeinwohlorientierte Politik. Books on Demand, Norderstedt, 2019

² Prof. Dr. Dr. Dr. h.c. Franz Josef Radermacher, Vorstand des Forschungsinstituts für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung/n (FAW/n), Professor em. für Informatik, Universität Ulm, Präsident des Senats der Wirtschaft e. V., Bonn, Ehrenpräsident des Ökosozialen Forum Europa, Wien sowie Mitglied des Club of Rome

Korrespondenzadresse: Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW/n), Lise-Meitner-Str. 9, D-89081 Ulm, Tel. 0731-850712 81, Fax 0731-850712 90, E-Mail: radermacher@fawn-ulm.de, <http://www.fawn-ulm.de>

Inhalt

Einleitung	3
1. Eine Welt in Wohlstand ist möglich	5
2. Was ist zu tun?.....	5
3. Carl von Carlowitz und die große Transformation	6
4. Ist die Dekarbonisierung die Lösung?	7
5. Das Referenzszenario: Methanolökonomie	8
6. Warum erfolgt eine 4-fache Recyclierung des Kohlenstoffs?	9
7. Die biologische Seite / Nature-based solutions.....	11
8. Die Ankersubstanz Methanol.....	12
9. Europa und Afrika können allein vorangehen	14
10. Jüngste Entwicklungen zum Thema	15
Abb. 1-8	15-20
Literatur	23
Danksagung.....	24

Einleitung

Die weltweite Energie- und Klimakrise kann wachstumskompatibel und wohlförderungsfördernd überwunden werden. Die mittlerweile fast panischen öffentlichen Debatten in Richtung eines Weltuntergangs, Klimaplanwirtschaft, Elektrifizierung des gesamten Mobilitätssektors etc. werden der Mehrdimensionalität der Herausforderung nicht gerecht [26]. Der in diesem Text und in dem vorliegenden Buch beschriebene Ansatz hingegen erlaubt es Afrika, Indien und anderen Schwellenländern den Entwicklungsweg Chinas einzuschlagen – ohne negative Klimawirkung. Mit dem beschriebenen Ansatz sind die SDGs bis 2050 umsetzbar. Drei wesentliche Elemente sind zu kombinieren: (1) Methanolökonomie, (2) Böden als Kohlenstoffspeicher und (3) Entwicklung fördernde CO₂-Kompensationsprojekte zur Umsetzung der Agenda 2030.

Das vorliegende Buch aus dem Umfeld des Senats der Wirtschaft und seiner Stiftung beschäftigt sich mit Baustein (2), nämlich mit der Rolle der **Nature-based solutions** für die Lösung der weltweiten Energie-, Entwicklungs- und Klimaziele, vgl. zur Gesamteinordnung auch [10]. Der vorliegende Text versucht, einen Denkrahmen zu entwickeln, in den sich die Beiträge des Buches zu Nature-based solutions einbetten lassen. Er folgt dabei einer Argumentationslinie, wie sie im Club of Rome und im Senat der Wirtschaft in den letzten Jahren entwickelt und systematisch ausgebaut wurde. Die Überlegungen sind teilweise auch in enger Abstimmung mit dem Ministerium für Entwicklung und wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) entstanden und umgesetzt worden (vgl. hierzu auch [13, 14]). Eckpfeiler sind die Arbeiten zu einem Marshall Plan mit Afrika [3, 24, 27], diverse Analysen zu Herausforderungen im Bereich der SDGs [22], die Allianz für Entwicklung und Klima des BMZ (vgl. www.allianz-entwicklung-klima.de) und Beiträge für ein großes Umsetzungsprogramm im Bereich synthetische Kraftstoffe, insbesondere grüner Wasserstoff und grünes Methanol [3]. Neben Nature-based solutions bilden synthetische Kraftstoffe ein Schlüsselfeld für eine eventuelle weltweite nachhaltige Entwicklung und für eine Umsetzungsperspektive für die SDGs. Grüne synthetische Kraftstoffe haben als Basis massive, fast unvorstellbar große Mengen von erneuerbarer Energie/Solarstrom, die in erhebliche Volumen von grünem Wasserstoff und energiereichen Flüssigkeiten transformiert werden. Das unterscheidet diesen Zugang von einer All-electric solution, die aus Sicht des vorliegenden Textes in einer ökonomischen und sozialen Katastrophe enden würde.

Die gewählte Strategie basiert auf sehr niedrigen Preisen für Sonnenenergie. Diese erlauben hohe Ineffizienzen als Voraussetzung für die Erreichung anderer Ziele. Dazu gehört weiteres erhebliches Wirtschaftswachstum, vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern. Die entsprechenden Energiemengen können preiswert nur in den großen Sonnenwüsten der Welt produziert werden. Hier knüpft das Projekt an die früheren Überlegungen zu Desertec an, in die der Club of Rome wesentlich eingebunden war.

Für die Weltbevölkerung wird in den Abschätzungen zu benötigten Energiemengen ein Wachstum von 7,5 Milliarden Menschen auf 10 Milliarden Menschen und für die Wirtschaft ein Wachstum des Welt BIP von 80 Billionen auf 140 Billionen Dollar bis 2050 angenommen.

Der auf Kohlenstoff-basierten Energieflüssigkeiten gegründete Teil der Ökonomie kann beim vorgeschlagenen Vorgehen bis 2050 um 50 % ausgeweitet werden. Als Folge einer durchschnittlich viermaligen Recyclierung des Kohlenstoffs im Kontext einer Wasserstoff-/Methanolökonomie werden die weltweiten CO₂-Emissionen

dennoch auf nur noch etwa 10 Milliarden Tonnen pro Jahr (heute 34 Milliarden Tonnen pro Jahr) abgesenkt, dies trotz der genannten erheblichen wirtschaftlichen Wachstumsprozesse. **Nature-based solutions** müssen dann diese 10 Milliarden Tonnen CO₂ neutralisieren. Ein entsprechendes Investitions- und Umbauprogramm ist möglich und kann unter wesentlicher Beteiligung des Sektors der fossilen Energien, einen der leistungsstärksten Wirtschaftssektoren der Welt, bis 2050 zumindest in signifikantem Umfang umgesetzt werden. Die jährlichen Investitionen im Bereich grüner Wasserstoff/grünes Methanol liegen bei etwa 600 Milliarden Euro pro Jahr, die Investitionen für preiswerten, erneuerbaren Sonnenstrom in diesem Umfeld bei etwa 2,5 Billionen Dollar pro Jahr. Direkte Stromnutzung und klimaneutrale Energieflüssigkeiten liegen je nach Ausgestaltung und Effizienzentwicklung bei **etwa der Hälfte** der dann insgesamt eingesetzten Energie.

Durch massive weltweite Aufforstung, insbesondere auf marginalisierten Böden in den Tropen, Förderung der Humusbildung in der Landwirtschaft, vor allem auch in semi-ariden Gebieten, Einsatz von Biokohle etc. werden Böden zu einer Kohlenstoffsenke für die verbleibenden 10 Milliarden Tonnen CO₂ pro Jahr werden. Das thematisieren mittlerweile auch die Initiativen „4 per 1000“ (www.4p1000.org) und „terraton“ (www.terraton.indigoag.com). Hier liegt aus Klimasicht der entscheidende Beitrag dieses Sektors, dessen Herausarbeiten und Kommunikation das Anliegen des vorliegenden Buches ist. In diesem Kontext sei auch auf die Vergabe des Deutschen Umweltpreises durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) in 2019 zu 50 % an Frau Prof. Dr. Ingrid **Kögel-Knabner** von der Technischen Universität München verwiesen, die seit Jahrzehnten diese Thematik bearbeitet. An dieser Stelle kann und muss offensichtlich zukünftig Entscheidendes passieren.

Investitionen in **Nature-based solutions** steigern zugleich die landwirtschaftliche Produktivität und sind für die massiv steigenden Anforderungen an die Ernährung in einer Welt in Wohlstand mit 10 Milliarden Menschen ohnehin erforderlich. Insgesamt wird mit dem beschriebenen Vorgehen der Kohlenstoffkreislauf geschlossen. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist die weltweite Schließung eines dazu korrespondierenden **Finanzkreislaufs**. Geld muss dabei von CO₂-Emittenten zu den Realisierern der Nature-based solutions fließen. Dies ist ein Thema, auf das auf Club of Rome-Seite Dr. Peter Johnston seit Jahren hinweist [12]. Volumenmäßig liegen in diesem Bereich etwa 20 % der Lösung der Weltklimaprobleme, ferner ein Schwerpunkt bezüglich der SDGs-Potentiale [29]. Ohne die massive Nutzung der Nature-based solutions scheint es keine tragfähigen Lösungen zu geben. Denn diese sind der heute einige verfügbare, in großem Umfang nutzbare und bezahlbare Mechanismus, um CO₂ wieder aus der Atmosphäre herauszuholen (Negative-missionen). An dieser Stelle fallen ausnahmsweise **Klimaschutz und Wohlstandszuwachs** in ihren Wirkungen zusammen [29], während sie üblicherweise gegenläufig wirken – der tiefere Grund, warum Entwicklung und Nachhaltigkeit oft nicht miteinander harmonisieren.

Wald- und Landwirtschaftsprojekte spielen konsequenterweise auch für die in 2018 durch das BMZ lancierte Allianz für Entwicklung und Klima (vgl. www.allianz-entwicklung-klima.de) eine zentrale Rolle. Diese fördert neben internationalem Klimaschutz insbesondere auch Entwicklung und damit die soziale Seite des Weges in die Zukunft. Über hochwertige Projekte in Nichtindustrieländern werden dabei einerseits Verbesserungen der Klimabilanz sowie zugleich Co-Benefits zu allen SDGs (Agenda 2030) und positive Klimaeffekte erreicht. Dies birgt große Chancen für das Ziel, dass die Größe der Weltbevölkerung in 2050 mit 10 Milliarden Menschen ihr Maximum erreicht und in der Folge langsam wieder absinkt.

Dabei sind die Wasserstoff- und die Methanolökonomie neben den Nature-based solutions der Schlüssel für die beschriebene Lösung. Sie wird gespeist durch preiswerten Wüstenstrom aus dem Sonnengürtel der Erde. So wie die Erfindung der Dampfmaschine vor 300 Jahren die Basis für die volle Entfaltung des Potentials der Kohle zur Wohlstandsmehrung für die Menschheit – und indirekt zum Schutz der Wälder – war, sind die erneuerbaren Energien, verbunden mit dem Sonnenpotential großer Wüsten (Desertec 2.0) der Schlüssel dafür, die Menschheit mit einer Wasserstoff-/Methanolökonomie aus der aktuellen Sackgasse bezüglich Entwicklung, Energie und Klima, herauszuholen. Im Energiebereich müssen die größten Klimaeffekte durch CO₂-freie Lösungen erzeugt werden. Ohne den komplementären Beitrag der Nature-based solutions wäre Zielerreichung trotzdem nicht möglich. Nature-based solutions sind insofern wohl unverzichtbar. Auch deshalb widmet sich das vorliegende Buch „Schweisfurth/Smart“ vollumfänglich genau diesem Thema.

1. Eine Welt in Wohlstand ist möglich

Der vorliegende Beitrag behandelt die Zukunft in den Bereichen Energie und Klima – ein Thema, das zunehmend den gesellschaftlichen Diskurs beherrscht. Vor allem die Proteste von Schülern und Jugendlichen bewegen die Gesellschaft [26]. Das Thema ist schwierig. Was sollen wir tun? Was sind gesicherte Erkenntnisse?

Die nachfolgenden Überlegungen bauen auf einer jahrzehntelangen Beschäftigung des Autors mit den genannten Themen auf [20, 21, 24]. Sie zeigen das Potential für eine gute Zukunft der Menschheit. Damit ist eine Zukunft gemeint, die zugleich Wohlstand für 10 Milliarden Menschen und den Schutz von Umwelt und Klima ermöglicht. Das offene Marktsystem und die Technik können liefern. Die Bewältigung der vor uns liegenden Herausforderungen gelingt dabei nicht durch aus Verzweiflung resultierendem Verzicht auf wertvolle Errungenschaften unserer Geschichte, sondern durch das Leistungspotential einer technischen Zivilisation. Milliarden Menschen in Afrika, auf dem indischen Subkontinent und in weiteren Entwicklungs- und Schwellenländern, in denen sich in den nächsten Jahrzehnten die Bevölkerungsgröße verdoppeln wird und extreme Armut überwunden werden muss, **können den Entwicklungspfad Chinas replizieren**, ohne zugleich eine ökologische Katastrophe heraufzubeschwören – eine Zukunft mit Megacities, Hochhäusern aus Beton und Stahl, Autofloten und Flugzeugen.

2. Was ist zu tun?

Dass dies möglich sein soll – und ebenso eine Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele (SDGs) der Vereinten Nationen bis 2050 (nicht 2030) – ist zunächst überraschend [3, 15, 24]. Denn der Wohlstandsaufbau in den sich entwickelnden Ländern ist der eigentliche Treiber der steigenden CO₂-Emissionen. Wie Abb. 1 zeigt, drohen in Afrika (und in erheblichem Umfang auch auf dem indischen Subkontinent) die entscheidenden CO₂-Zuwächse, die das zukünftige Bild bestimmen und

uns in eine Klimakatastrophe führen werden, wenn keine neuen technischen Lösungen entstehen. Die Emissionen in den dortigen Ländern mit ihren rasch wachsenden Bevölkerungen werden dann sogar diejenigen von China übertreffen. Und die chinesischen Emissionen übertreffen bereits heute die der USA, Europa und Japan zusammengekommen. Wie kann unter diesen Umständen ein klimaverträglicher Weg in die Zukunft, der Wohlstandserwartungen und Umwelt- und Klimaschutz weltweit miteinander in Einklang bringt, realisiert werden? Eine Wohlstandsperspektive für alle ist dringend erforderlich, weil sonst soziale Verwerfungen bis hin zu Bürgerkrieg oder gar Krieg drohen. Auch ist nur durch Wohlstand für alle eine Stabilisierung der Weltbevölkerungsgröße zu erreichen. Ohne Wohlstandszuwachs sind offensichtlich viele der in Abb. 2 formulierten Zielsetzungen für tragfähige Zukunftslösungen nicht erreichbar. Die in diesem Text vorgeschlagene Referenzlösung für die Zukunft im Energie- und Klimabereich **erfüllt hingegen alle in Abb. 2 aufgelisteten Testkriterien.**

3. Carl von Carlowitz und die große Transformation

Erforderlich für den hier aufgezeigten Weg ist eine **große Transformation**. Davon sprechen viele, meinen aber etwas anderes, als hier gemeint ist. Oft wird ein „neuer“ Mensch, eine andere Zivilisation, eine andere Ethik, ein Leben in Bescheidenheit gefordert. Das hält der Autor für nicht sehr aussichtsreich. Weltuntergangsszenarien, Panik oder die Propagierung einer neuen Sicht auf Leben und Zufriedenheit werden nicht helfen.

Was aber hilft? Dazu sei eine Analogie gezogen: Die Situation heute erinnert nämlich an die Verhältnisse vor 300 Jahren. Damals hatte **Holz** eine ähnliche Schlüsselrolle inne wie heute die fossilen Energieträger: energetisch, materiell und für die Entfaltung von Macht (damals insbesondere Kriegsschiffe). Die Wälder waren damals in existentieller Gefahr. In Deutschland thematisierte Carl von Carlowitz die dringend notwendigen Erfordernisse – den nachhaltigen Umgang mit Wald. In anderen Ländern wurden ähnliche Positionen vertreten. Die Botschaft lautete, nicht mehr Holz aus den Wäldern zu entnehmen, als nachwachsen kann. Aber nicht dieser Diskurs, so wichtig er war, hat die Wälder gerettet. Existentielle Wohlstands- und Machtinteressen starker Akteure und Bevölkerungsgruppen lassen sich nämlich nicht durch ethisch-moralische Erörterungen einhegen, allenfalls durch zerstörerische Kriege. Deshalb wächst auch heute weltweit nach wie vor und trotz aller ethisch aufgeladener Debatten das Volumen der genutzten fossilen Energieträger, wie die Internationale Energieagentur Jahr für Jahr aufzeigt und auch für die Zukunft prognostiziert (Abb. 3). Aus demselben Grund wuchs auch der Holzverbrauch vor 300 Jahren stetig weiter. Offensichtlich ist es in Seekriegen nicht besonders wirkungsvoll, mit neuen Kriegsschiffen zu drohen, die man in 80 Jahren in Dienst stellen wird, wenn ein erfolgreiches Aufforstprogramm die erneute Nutzung großer Holzmengen ermöglicht.

Die große Transformation erfolgte dann aber doch und zwar auf ganz andere Weise – durch die **Erfindung der Dampfmaschine** [20]. Diese konnte das Potential der Kohle, die schon lange in kleinen Mengen gefördert und genutzt wurde, endlich voll ausschöpfen, nämlich durch den erzeugbaren großen Energieüberschuss. Tiefe Schächte, Wasserpumpen, Kohle und Stahl sowie Eisenbahnen waren die Folge. In Deutschland gehört dazu die Entfaltung des Ruhrgebiets mit

seiner industriellen, aber auch militärischen Kraft. Nach 3 industriellen Revolutionen hat sich in der Folge in 300 Jahren die Zahl der Menschen auf der Erde verzehnfacht und der (materielle) Wohlstand verhundertfacht. Nun läuft allerdings auch dieses neue technische System im Energiebereich gegen seine Grenzen, insbesondere wegen der aus den CO₂-Emissionen, die mit fossilen Energieträgern verbunden sind, resultierenden Klimaproblematik.

4. Ist die Dekarbonisierung die Lösung?

Nein. **Die von vielen herbeigesehnte Dekarbonisierung wird kurz- und mittelfristig nicht erfolgen** und wenn, dann in anderer Weise, als das Thema üblicherweise diskutiert wird (vgl. Abb. 4 und 5). Das ist auch gut so. Die Folgen einer raschen Dekarbonisierung wären nämlich eine extreme Weltwirtschaftskrise und sehr wahrscheinlich Krieg und Bürgerkrieg. Es wird aber auf absehbare Zeit keine Dekarbonisierung geben. Die Politik der Großmächte, insbesondere der USA, steht einem solchen Weg diametral entgegen. Dies wird in [21] ausführlich beschrieben. Die aktuelle Politik der USA zielt auf rasches weiteres Wachstum der US-Produktion von Öl und Gas – das **Gegenteil von Dekarbonisierung**. Dabei sind die USA heute schon der weltgrößte Ölproduzent. Sie haben Saudi-Arabien und Russland überholt und steigern ihre Produktion zügig weiter.

Die Weltgemeinschaft will als Ziel der SDGs Wohlstand für 10 Milliarden Menschen. 2050 könnte dann im besten Fall mit dieser Zahl von Menschen endlich ein Stabilisierungsplateau für die Größe der Weltbevölkerung erreicht sein. Im Unterschied zu der großen Transformation vor 300 Jahren, die zu einer Verzehnfachung der Weltbevölkerung geführt und damit immer neue Wachstumsdynamiken entfaltet hat, könnte die Menschheit diesmal einen steady state auf vergleichsweise hohem weltweiten sozialen Ausgleichs- und Wohlstandsniveau erreichen. Der weltweite Wohlstand muss dazu in 30 Jahren tendenziell verdoppelt werden. Die SDGs sollen und können nach der Logik des vorliegenden Textes bis dahin umgesetzt werden, aber nur bei starker politischer Führung [15].

Was heißt das für die Energieseite? Selbst bei weiteren Effizienzgewinnen ist (vgl. [25]), wie in Box 2 dargestellt, eine Verdoppelung der Nutzenergiemenge im Verhältnis zu heute erforderlich, wobei der Carbon-basierte Teil, der heute etwa 34 Milliarden Tonnen CO₂-Emissionen zur Folge hat und etwa 81 % von 100 % Gesamtenergiemenge (Primärenergie) beisteuert, um etwa 50 % auf ein Äquivalenzniveau von etwa 50 Milliarden Tonnen CO₂-Emissionen anwachsen wird. Neuere erneuerbare Energien, die heute weltweit noch deutlich weniger als 5 % der Primärenergiemenge ausmachen, werden dann, zusammen mit sonstigen Energien, im Nutzbereich 40-45 % der Energie (Größenordnung insgesamt 200 %) beisteuern. Hinzu kommt ein erneuerbarer Anteil (im Wesentlichen Solarenergie) von 140 % von 340 %, der die als Teil einer Methanolökonomie [25] konstitutive Recyclierung von Kohlenstoff „befeuern“ bzw. ermöglichen wird (vgl. Abb. 7 für einen Überblick). Dies ist von den Zahlen her betrachtet ein ineffizienter Prozess, der aber in der Sache höchst wirksam und den verfügbaren Alternativen offensichtlich überlegen ist. Es gibt einen Energieüberschuss - ein **Pendant zur Dampfmaschine in der großen Transformation vor 300 Jahren**. Die neuen erneuerbaren Energien werden in 2050 stark dominieren und zusammen mit den sonstigen Energien etwa 2/3 der gesamten Primärenergie

beisteuern (vgl. Abb. 7).

5. Das Referenzszenario: Methanolökonomie [2, 11, 16, 17, 18, 23, 25, 28, 30]

Wie können wir vorgehen, wenn das beschriebene Ziel erreicht werden soll? Der vorliegende Text legt dazu ein **Referenzszenario für die Welt** (vgl. [25]) zugrunde, dessen Eckdaten nachfolgend beschrieben werden. Es fällt zentral in den Carbon-to-Liquid Kontext und greift viele Diskussionen in Fachkreisen auf, die allerdings im politischen Raum bis vor kurzem viel zu wenig gehört wurden. Dass eine klimaverträgliche Lösung der Weltenergiebereitstellung, falls Wohlstand das Ziel ist, massiv auf synthetische Kraftstoffe zurückgreifen muss, thematisieren mittlerweile viele Studien. Wir erwähnen hier eine Studie des World Energy Council/Weltenergieerat Deutschland von Oktober 2018 [30], ebenso wie die E-Fuels Studie „The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU“ [28] von ludwig bölkow systemtechnik und dena (German Energy Agency). In dieselbe Richtung weist die gemeinsame Erklärung der Verbände BDB, DVFG, MEW, MVaK, MWV, UFOP, UNITI und VDB [1]. Dahinter steht die Allianz für grüne Kraftstoffe und ihr Credo, dass die angestrebten Klimaziele im Verkehr nur mit CO₂-armen Kraftstoffen zu erreichen sind. Glücklicherweise hat die Bundesregierung in ihrem Klimagesetz ein Fenster für diese Themen eröffnet, und zwar über die bis Ende 2019 vorgesehene Festlegung einer deutschen Wasserstoffstrategie (vgl. Papier Wasserstoff und Energie, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 11/2019). Die hier gemachten Überlegungen zielen auf die Ausgestaltung dieser Strategie. Größere Aktivitäten in Nordafrika sind in Vorbereitung. Der Autor und das FAW/n in Ulm sind auf BMZ-Seite in diesen Arbeiten involviert.

In der öffentlichen Debatte beherrschen heute leider Diskurseliten in Politik und Medien immer noch weitgehend den Raum, die die globale Dimension der Herausforderungen meist ignorieren und ganz offensichtlich zu wenig technisches Verständnis mitbringen. Besonders gerne werden Weltuntergangsszenarien beschrieben und auf demonstrierende Schüler verwiesen [26]. Politikern, die nicht in diesen Kanon einstimmen, wird oft mit großer Arroganz und Besserwisserei die Lernfähigkeit abgesprochen. Das mit vollster Überzeugung vorgeschlagene Programm zur Rettung der Welt ist dabei von großer Schlichtheit und würde uns voll gegen die Wand fahren. Raus aus der Kohle, rein in die Welt der Elektroautos, Smart Grids, Umstieg aufs Fahrrad, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Urlaub in Deutschland machen, kein Fleisch mehr essen, nicht mehr fliegen. Kohle wird per se verteufelt. Das Klimaproblem muss herhalten, um anderen Menschen den eigenen, überlegenen Lebensstil aufzuzwingen – am besten inklusive veganer Ernährung. Das ist ein **Gegenprogramm zu dem, was in diesem Text vorgeschlagen wird**. Es ist zudem ein Programm **massiver Grausamkeit gegen die sich entwickelnden Länder**. Große finanzielle Transfers sind nicht vorgesehen. Ersatz für die angestrebte Einsparung der Kosten für den Import von fossilen Energieträgern ist nicht eingeplant. Internationaler Tourismus fällt aus, Fair Trade ebenso. Obwohl wir in Deutschland Exportweltmeister sind, brauchen wir alles Geld für uns selber, für unsere Energiewende, um der Welt zu zeigen, wie es geht. Ein zum Scheitern verurteiltes Programm.

Das in der Folge beschriebene Referenzszenario ist eine Lösung ganz anderer Art. Sie zielt auf weltweiten Energie-Wohlstand, nicht auf eine Verwaltung von Knappheit. Die Entwicklungs- und Schwellenländer sollen in der Globalisierung zu Gewinnern werden und **den Weg Chinas replizieren können**. Es sind dabei auch andere Varianten bzw. Ausprägungen technischer Art möglich, als sie im Referenzszenario diskutiert werden. Z. B. können auch **Brennstoffzellen in Elektroautos mittels grünem Wasserstoff und/oder Methanol betrieben werden**. Der Einsatz von Brennstoffzellen erspart die in vielerlei Hinsicht problematischen großen und schweren Batterien. Das heißt, die dann noch benötigten Batterien, die ständig mit dem Strom aus der Brennstoffzelle aufgeladen werden, sind deutlich kleiner und entsprechend leichter. Methanol zur Betreibung der Brennstoffzellen ist in diesem Kontext eine interessante Option und hat mehrere Vorzüge im Verhältnis zum direkten Einsatz von Wasserstoff, der normalerweise an dieser Stelle vorgesehen wird. Elektroautos werden so zu einem Teil des Referenzszenarios, das vielfach modifizierbar ist. Das Referenzszenario stellt in diesem Sinne eine Option mit vielen Facetten dar – es würde funktionieren. So könnte man es machen. Sicher gibt es auch noch andere Lösungen und vielleicht sogar noch bessere Lösungen. Dann sind wir aber Dank Referenzszenario auf der sicheren Seite.

Im Referenzszenario ist der entscheidende Ansatz die **Senkung der Carbon-Intensität des im Volumen (nicht im Anteil) weiter wachsenden Carbon-basierten Energiesystemanteils auf 20 %**. Kohlenstoff, der aus der Erde geholt wird – insbesondere auch Kohle – wird dazu im Mittel viermal recycelt (vgl. Abb. 4 vorher / Abb. 5 nachher), ehe er schließlich über individuelle Mobilitätsprozesse (Verbrennungsmotoren) und individuelle Wärme/Kälte-Prozesse (Heizungen / Wärmestrahler und Kühlgeräte) in die Atmosphäre entweicht. Die verbleibenden 20 % Kohlenstoff (etwa 10 Milliarden Tonnen CO₂ pro Jahr) werden über **Nature-based solutions**, d. h. über biologische Prozesse (konsequenter Regenwaldschutz, Aufforstung, Humusbildung, Weidewirtschaft, Einbringen von Holz- und Pflanzenkohle in die Erde), der Atmosphäre entzogen. Das Gesamtsystem wird damit insgesamt **(bilanziell) klimaneutral** (vgl. Abb. 5). **Das Energie- und Klimaproblem wäre dann gelöst. Bis 2050 können entscheidende Umsetzungsschritte erfolgt sein.** In dem Text [25] werden Hinweise zu den dazu erforderlichen Investitions- und Umsetzungsprogrammen gegeben. Eine Ausprägung der sich dann einstellende Energiesituation zeigt Abb. 7 im Vergleich zur aktuellen Situation in Abb. 6.

Ganz offensichtlich ist das wirtschaftliche und technologische Potential des möglichen Wegs in die Zukunft sehr attraktiv. Europa hat die Chance, sich an die Spitze einer solchen Entwicklung zu stellen. Recycling von Kohlenstoff über die Methanolökonomie und Nutzung der Böden als Kohlenstoffspeicher: Das ist ein Chancen-Programm für die Welt, aber insbesondere auch für Europa und Afrika, gerade auch in enger Partnerschaft miteinander. Der Senat der Wirtschaft hat solche Entwicklungspfade in einer Empfehlung zur Europawahl genauer beschrieben [7]. Die deutsche EU-Präsidentschaft sollte dies zu einem industriepolitischen Schwerpunkt ihrer Aktivitäten ab 2020 machen.

6. Warum erfolgt eine 4-fache Recyclingung des Kohlenstoffs?

Die energetisch sehr aufwendige Produktion von grünem Wasserstoff und die Recyclingung des Kohlenstoffs bei der Erzeugung von grünem

Methanol aus grünem Wasserstoff ist primär eine Methode, um Sonnenenergie (preiswert) zu speichern und in eine gut handhabbare, vielfach nutzbare Form zu bringen. Wenn man in allen energetischen Prozessen (1) immer Methanol verwenden könnte und (2) das über den Verbrennungsprozess freigesetzte CO₂ immer bequem und preiswert abgefangen werden könnte, wäre man mit dem zugrundeliegenden Recyclierungsansatz in einem klimaneutralen Zustand. So ist die Situation aber nicht. Viele Prozesse der Schwerindustrie brauchen fossile Energieträger als Input (dafür reichen aber 20 % Volumen aus), bei anderen Prozessen kann das CO₂ nicht gut abgefangen werden. Dies betrifft individuelle Mobilität und individuelle Wärme-/Kälteproduktion. Für die unter (2) genannten wichtigen Prozesse, die heute die Debatten beherrschen, dürften 20 % ebenfalls ausreichen. So ergibt sich dann der Recyclierungsfaktor 4.

Dabei wird angenommen, dass ein Großteil der Wärme-/Kälteproduktion mittelfristig über Strom abgedeckt wird, z. B. Stromprodukte auf Methanolbasis. Dies ist aus Klimasicht eine gute Lösung und bezahlbar. Für den Verkehr geht der Autor davon aus, dass **Elektromobilität eine Rolle spielen wird, aber keine dominante.** In großen Städten hat der Ansatz Vorteile. Energetisch empfiehlt sich dafür möglicherweise die Kombination von Methanol mit **Brennstoffzellen.** Aus Sicht des Autors wäre es allerdings wohlstandsvernichtend und ökonomisch eine Katastrophe, voll auf eine Elektromobilität im Rahmen einer All-electric solution zu setzen, deren Basis große und schwere Batterien sind. Und das Thema gilt auch für andere, z. B. Stahlproduktion oder Chemie. Man fragt sich, wie jemand überhaupt auf eine All-electric solution kommen kann, wo doch die Probleme offensichtlich sind. Vielleicht gilt hier der Satz „für jemanden, der nur einen Hammer hat, sieht die ganze Welt aus wie ein Nagel“. Der Hammer ist hier (grüner) Strom, der Nagel das Betreiben eines energieaufwendigen Prozesses mit (grünem) Strom.

Eine All-electric-Lösung, z. B. für die Mobilität, wäre Geldvernichtung und würde nebenbei die deutsche Automobilindustrie gegen die Wand fahren, so wie ebenfalls die Total-Sanierung aller Wohnungen im energetischen Bereich in Deutschland nicht bezahlbar ist. Dies vor allem im sozialen Wohnungsumfeld. Mit der richtigen Kombination geeigneter strombasierter und Methanol-basierter Antriebe und Wärme-/Kältelösungen ist die Zukunftsperspektive hingegen gut.

Klar ist, dass der beschriebene Ansatz in der Zusammenarbeit Europa/Afrika primär auf die Entwicklung von Wohlstand und die energetische Versorgung Afrikas mit seiner nach wie vor besonders schnell wachsenden Bevölkerung ausgerichtet ist. Stromnutzung in Afrika wird dabei natürlicherweise eine zentrale Rolle spielen. Neben der Methanollösung im Sinne von Desertec wird man auch weiter über Stromtransporte von Afrika nach Europa nachdenken. Umwandlungskosten in Methanol werden in Afrika seltener anfallen als für Europa (und den Norden insgesamt). **Die Energie- und Kraftstoffbereitstellung in Afrika ist im Referenzszenario deshalb deutlich preiswerter möglich als in Europa.** Das fördert die Chancen für die weitere wirtschaftliche Entwicklung auf diesem Kontinent. Natürlich bestehen im Umfeld synthetischer Kraftstoffe / Methanolökonomie auch interessante Potenziale in Europa, insbesondere auch in Deutschland. Das gilt zum einen für den Einsatz wichtiger Technologien und die Technologieführerschaft in diesem zentralen Bereich, dann aber auch für die kostengünstige Bewältigung unserer eigenen Energie- und Klimaprobleme. So fährt das Fährschiff „Germanica“ der Stena-Lines (Göteborg) bereits seit Januar 2015 mit Me-

thanol – umweltfreundlich und wirtschaftlich. Methanolprodukte aus Hüttenabgasen sind das Ziel eines laufenden Pilotprojekts der „Carbon2Chem“-Initiative der Thyssenkrupp AG und des Bundesforschungsministeriums (BMBF).

7. Die biologische Seite / Nature-based solutions

Die Welt der synthetischen Kraftstoffe/Methanolökonomie braucht eine zweite Seite – sowie auch eine Bilanz 2 Seiten hat. Dies ist der wesentliche Beitrag, der in dem vorliegenden Buch der Schweisfurth Stiftung und der Stiftung des Senats diskutiert wird. Dieser Beitrag ist zentral. Ohne ihn lässt sich wohl der Kohlenstoffkreislauf nicht schließen. Im beschriebenen Szenario müssen der Atmosphäre auf Dauer jährlich etwa 10 Milliarden Tonnen CO₂ entzogen werden, um eine klimaneutrale Welt zu erreichen. Der Schlüssel hierzu sind Negativemissionen, vor allem durch konsequenten Regenwaldschutz, Aufforstung und Humusbildung [4, 5, 6, 19, 21]. Zu diesem Thema sei u.a. auf die 4 PER 1000 Initiative – Soils for food security and climate (www.4p1000.org) verwiesen, ebenso auf das European Biochar Certificate (www.european-biochar.org) und die terraton Initiative (www.terraton.indigoag.com). Oben wurden auch bereits die Arbeiten von Prof. Dr. Ingrid Kögel-Knabner erwähnt, die den Deutschen Umweltpreis der DBU 2019 hälftig für ihre langjährigen Forschungsbeiträge im Bereich Humusbildung, Landwirtschaft und Klima erhalten hat.

Wie ist diese Vorgehensweise auch unter ökonomischen Aspekten einzuschätzen? Hier ist es wichtig zu erkennen, dass entsprechende Investitionen in Böden und Aufforstung ohnehin erforderlich sein werden, wenn eine wachsende, wohlhabendere Weltbevölkerung auf deutlich höherem Ernährungsniveau als heute versorgt werden soll, während der zivilisatorische Prozess gleichzeitig in massivem Umfang gute, landwirtschaftlich genutzte (bzw. nutzbare) Flächen für Gebäude und Infrastrukturen umnutzen wird. Massiver Flächenverlust aufgrund des zivilisatorischen Fortschritts ist deshalb in die Überlegungen einzubeziehen. Konsequenterweise muss die Qualität und Produktivität der verbleibenden, landwirtschaftlich genutzten Böden weltweit deutlich verbessert werden. Ferner müssen neue Böden aktiviert werden, z. B. in heute semiariden Gebieten (etwa am Rande der Sahara), in denen es kaum Nutzungskonkurrenz gibt. Pflanzen werden dann zukünftig kaum noch für die Erzeugung von Bioenergie verwendet werden, weil sie für die Ernährung gebraucht werden und die Kaufkraft für mehr Nahrung vorhanden sein wird. Nutztiere werden wieder in viel größerem Umfang als heute auf Weideflächen grasen. Das gilt insbesondere für Rinder, die heute in Intensivtierhaltung vor allem von Mais und Sojaprodukten leben.

Die Schließung des Kohlenstoffkreislaufs muss **querfinanziert** werden, d. h. es bedarf eines Geldkreislaufs, der zu dem erforderlichen Kohlenstoffkreislauf korrespondiert. Vor allem auch, um den Umbauprozess massiv zu beschleunigen. Die Bindung der Kohle im Boden (oder alternative Formen der CO₂-Sequestrierung) können über Zertifikate dokumentiert werden. Das wird in dem vorliegenden Buch genauer beschrieben. Alle Akteure, die am Kohlenstoff- und Methanolkreislauf partizipieren, werden zukünftig mitfinanzieren müssen, dass sich der Kohlenstoffkreislauf schließt. Das kann erhebliche zusätzliche finanzielle Mittel für die Landwirtschaft erzeugen (potentiell mehrere hundert Euro pro Hektar) und wird

(im Referenzszenario) von den Nutzern fossiler Energiequellen und von Methanol (mit-)finanziert werden. Aus heutiger Sicht reichen 20-30 Euro pro Tonne CO₂ auf Seiten der genannten Akteure. Diese Mittel werden teilweise auch heute schon aufgebraucht und sind ein niedriger Preis, wenn es darum geht, die heutige Zivilisation zu erhalten und ihr Geschäftsmodell prinzipiell fortzuführen und sogar erheblich ausdehnen zu können. Die Mittel können zentral abgegriffen werden. Es geht um vielleicht 1-1,5 Billionen Euro pro Jahr. Ein Teil davon sollte in Bodenverbesserung und Aufforstungsprogramme sowie insbesondere in konsequenten Regenwaldschutz investiert werden. Aufforstung kann rasch viele Negativemissionen erzeugen. Das gibt Zeitgewinne und hilft, das Risiko des Erreichens von **Tipping-Points** abzusenken. Tipping-Points bilden offensichtlich das größte Risiko, mit dem die Menschheit im Klimabereich aktuell konfrontiert ist, denn wenn ein solcher Punkt einmal überschritten ist, wird der Klimawandel irreversibel. Solange das noch nicht passiert ist, kann uns noch immer etwas einfallen. Deshalb ist **Zeitgewinn** so wichtig, nachdem wir schon sehr viel Zeit nicht genutzt – oder mit wenig klugen Aktivitäten – verbraucht haben.

8. Die Ankersubstanz Methanol

Der Kern der Lösung im Referenzszenario ist die Recyclierung des Kohlenstoffs über die **Ankersubstanz Methanol**. Methanol kann dann zu anderen energiehaltigen Flüssigkeiten weiterverarbeitet werden, z. B. **Methanolbenzin** oder **Methanolkerosin**. Methanol ist aus Sicht des Autors wie vieler anderer Beobachter eine Schlüsselsubstanz – ein idealer Speicher für Sonnenenergie, Wasserstoff, Sauerstoff und CO₂. Viele Hinweise dazu finden sich in [25]. Es gibt viele Wege, Methanol herzustellen, vgl. Abb. 8. Im Kontext des Referenzszenarios ist (auch mit Blick auf die Adressierung der Klimaprobleme) **grünes Methanol** das Thema. Dieses entsteht in der Regel aus **grünem Wasserstoff**, der wiederum aus der Elektrolyse von Wasser entsteht. Es werden also **große Mengen von grünem Wasserstoff** benötigt, der dann mit CO₂ zu Methanol weiterverarbeitet wird. Die Herstellung des Wasserstoffs erfolgt bevorzugt (aber nicht ausschließlich) und preiswert über Sonnenstrom aus den **sonnenreichen Wüstengebieten** der Welt, bevorzugt in Meeresnähe. Letzteres auch in so weit, als Wasser für Kühlzwecke in energetischen Umsetzungsprozessen benötigt wird. Solche Wüstengebiete gibt es an vielen Stellen der Erde, meist in ärmeren Ländern, z. B. die Sahara, die Arabische Wüste, die Wüste in Namibia, Wüstengebiete im Südiran oder auch die Atacama Wüste in Chile. In Frage kommen aber auch Wüstengebiete im Süden der USA, Chinas, Indiens und Europas. Von der Kostenseite her liegen die Kosten für die Wasserstoffproduktion deutlich über den Kosten für die Verbindung von Wasserstoff und CO₂ zu Methanol. Die Bereitstellung des CO₂ und gegebenenfalls der Transport des CO₂ können teurer sein als der Elektrolyse- und der Synthetisierungsprozess. Ein **Mehrfaches an Kosten** verursacht aber die Strombereitstellung, selbst wenn 2 Cent pro Kilowattstunde erreicht werden. 2 Cent pro Kilowattstunde Entstehungskosten für Wüstenstrom ist heute grenzwertig. Hinzu kommen dann immer noch Handlingskosten, Transport, Volatilitätsfragen, staatliche Regulierungskosten, Stromsteuern und gegebenenfalls Exportzölle für Endprodukte. Benötigt werden 2 Cent pro Kilowattstunde für die Strombereitstellung zu Produkten grünen Wasserstoffs, nicht nur für die (Teil-)Kosten der Stromproduktion. Bei diesem Strompreis kann grünes Methanol zum Preis für Benzin bereitgestellt werden. Die Kosten für Methanolbenzin sind noch

einmal 50 % höher und liegen heute bei etwa 1 Euro pro Liter.

Der mit Wüstenstrom erzeugte grüne Wasserstoff wird also mit CO₂ zu Methanol verbunden. CO₂ kann in großindustriellen Anwendungen preiswert abgefangen und nach Verflüssigung über große Distanzen transportiert werden. Methanol ist so bequem transportierbar wie Benzin und als Substanz viel sicherer. Im Wasser wird es beispielsweise auf natürlichem Wege abgebaut. Zudem ist es in der Verbrennung als Alternative zu Benzin und Diesel viel sauberer. Für Methanol können im Wesentlichen dieselben Transport- und Infrastrukturen genutzt werden, wie heute für Öl, Benzin und Gas. Es können ohne Zusatzkosten Neufahrzeuge produziert werden, die auf Methanolbasis fahren können, so wie es für den brasilianischen Markt heute schon Fahrzeuge gibt, die mit reinem Ethanol (bevorzugt produziert aus Zucker) fahren können. Im Bestand der Benziner mit ihren hochgezüchteten Motoren geht das leider nicht. Selbst Beimischung (z. B. 15 %) sind leider problematisch, obwohl in Publikationen oft das Gegenteil behauptet wird. Will man den gesamten Bestand der Benziner klimaneutral transformieren, müssen sie Methanolbenzin benutzen. Dies ist von Benzin auf Ölbasis nicht zu unterscheiden, kann in beliebigem Maße mit Benzin auf Ölbasis gemischt werden und ist in jedem Benziner problemlos einsetzbar.

Mit Methanol können Kraftwerke befeuert werden, wobei dabei frei werdendes CO₂ wieder dabei für etwa 30 Euro pro Tonne abgefangen werden kann. Die Kosten für die Produktion einer Doppeltonne Methanol (entspricht energetisch einer Tonne Öl / Benzin) liegen im Basisszenario bei einem Strombereitstellungsprozess bei etwa 700 Euro. Kann der Bereitstellungsprozess mittelfristig auf 1 Cent pro Kilowattstunde abgesenkt werden, reduzieren sich die Kosten auf etwa 500 Euro. Pro Doppelliter sind das etwa 40 bzw. 56 Cent. Die Kosten sind mit heutigem Benzin konkurrenzfähig, auch wenn mitbedacht wird, dass eine Tonne Benzin etwa 1330 Liter und eine Tonne Methanol etwa 1270 Liter umfasst. Methanolbenzin ist um etwa 50 % teurer. Subventionen werden für Methanol nicht benötigt, für Methanolbenzin wohl – aber Regulierung.³ Hinweis: Der heutige Marktpreis für Methanol von 2 Cent pro Kilowattstunde in China (und auch in Indien) ist übrigens niedriger (unter 30 Cent pro Doppelliter). Allerdings wird dort kein klimaverträglicher Herstellungsprozess genutzt, sondern (unter Nutzung von Kohle) schwarzes Methanol. Dabei geht es darum, Devisenkosten für Öl einzusparen.

Die Kosten der Methanolproduktion in Deutschland sind heute 2–3 Mal so hoch wie in Wüsten im Sonnengürtel der Erde (deutlich über 1,50 Cent), und zwar aufgrund der ungünstigen Sonnensituation, der deutlich höheren Regulierungskosten für Strom im deutschen System und – als wichtiges Manko – der Nicht-Verfügbarkeit bzw. der hohen Kosten benötigter Flächen. Diese höheren Kosten hängen u. a. mit der Sicherung der Stabilität des gesamten deutschen Netzes unter Bedingungen volatiler Strominputs zusammen. Bei der Methanolproduk-

³ Wichtig wäre die eindeutige Anerkennung von Methanolbeimischungen bzw. Methanolbenzin als klimaneutrale Anteile zu den **CO₂-Flottenwerten** in der Automobilindustrie, wenn in der Methanolproduktion CO₂ aus großindustriellen Prozessen recycelt wird. Der bestehende Druck aus den europäischen Flottenwertvorgaben auf die Automobilindustrie in Richtung Elektromobilität, der für die wirtschaftliche Zukunft Europas, insbesondere Deutschlands, extrem gefährlich ist, kann durch ein solches Vorgehen erheblich entschärft werden. Das würde den Weg in eine Methanolökonomie deutlich befördern und der Automobilindustrie eine attraktive Alternative zur Elektromobilität eröffnen. Letztlich ist das ein Weg, um die gesamte Bestandsflotte in Richtung Klimaneutralität zu transformieren.

tion in Afrika ist die Situation deutlich einfacher. Sie kann flexibel auf Stromverfügbarkeit reagieren, da die Solarenergieerzeugung ohnehin der Hauptkostenfaktor sind. Die Anlagekosten für die Erzeugung von grünem Wasserstoff und Methanol haben deshalb eine deutlich geringere Bedeutung. Die Volatilitätsprobleme sind ebenfalls deutlich geringer. Zu den genannten Gestehungskosten kommen, wie heute auch, die Steuern hinzu, die einen substantiellen Teil des Endpreises ausmachen. Für Methanolbenzin und die anderen Methanolderivate ist die Kostensituation je spezifisch zu betrachten. Der von der Politik mit dem neuen Klimagesetz verfolgte Weg, CO₂-Emissionen teurer zu machen, verbessert dabei perspektivisch die relative Kostenpositionen synthetischer Kraftstoffe.

9. Europa und Afrika können allein vorangehen

Das hier beschriebene Referenzszenario (und viele Varianten davon) kann Europa in Partnerschaft mit Afrika (wie mit der arabischen Welt) zum Vorteil von allen Beteiligten sofort in Angriff nehmen. Das ist ein großer Vorteil. Es ist kein weltweiter Konsens wie in Klimaverträgen erforderlich. **Der Ansatz fällt in das Paradigma eines Marshall Plans mit Afrika** [3, 13, 24, 27]. Afrika hat Europa sehr viel zu bieten. Nicht nur die Sonnenpotentiale in großen Wüsten, sondern auch die Flächen und Potentiale für massive Aufforstung wie für die Aufwertung von Böden – etwa semiaride Flächen an den Rändern der Wüste. In dem beschriebenen Prozess kann Afrika die benötigten **Megacities** für die Bewältigung des gigantischen Bevölkerungswachstums (Verdoppelung der Bevölkerung bis 2050) realisieren. Parallel dazu gilt dasselbe für Schwerindustrie, Chemie, Strom, Kraftstoffproduktion etc. All das kann aufgebaut bzw. genutzt und auch bezahlt werden.

Mit Meeres- und Grundwasserentsalzung können die Wasserprobleme des Kontinents zu akzeptablen Preisen und klimaneutral bewältigt werden. Hunderte Millionen von Arbeitsplätzen werden entstehen, insbesondere in der Landwirtschaft, in der Forstwirtschaft und in den nachfolgenden Veredelungsprozessen sowie im Umfeld der Methanolökonomie. Die Wechselwirkung mit den **Nature-based solutions**, also dem Gegenstand des vorliegenden Buches, gibt all dem eine weitere Dimension. Die Risikoliste in Abb. 2 lässt sich so Punkt für Punkt abarbeiten. Grüner Wasserstoff und Methanolökonomie können dann (im Referenzszenario) in Verbindung mit der biologischen Seite, also den Nature-based solutions, „liefern“.

Wichtig: Der gemachte Vorschlag ist nur möglich dank der Fortschritte bei den erneuerbaren Energien. Hinzukommen muss der massive Einsatz von Energiequellen im Sonnengürtel der großen Wüsten. Das ist die **Desertec-Idee**, für die der Club of Rome (Deutsche Sektion) sich schon lange einsetzt. Direkter Transport von elektrischer Energie von z. B. Afrika nach Europa, kann weiter ein Thema bleiben. Die Widerstände aller Art dagegen sind jedoch massiv. So hat das deutsche Erneuerbare Energie Gesetz mit seiner massiven Besserstellung von erneuerbarer Energie aus Deutschland (Einspeiseverordnung) wie ein nicht-tarifäres Handelshindernis einen großen Entwicklungssprung in Nordafrika verhindert. Mit grünem Wasserstoff/grünem Methanol (Desertec 2.0) ist diese Art der Verhinderung von Potentialentwicklung nicht mehr in selbem Umfang möglich, obwohl Regulierungsfragen bei Klimaneutralität nach wie vor kritisch bleiben. Es können die Infrastruk-

turen genutzt werden, die heute für Öl und Gas bereitstehen. Der gewaltige Industriekomplex, der von fossilen Energien abhängig ist, kann weiter aktiv bleiben, sich sogar ausdehnen (um 50 % bis 2050). Aus Sicht des Autors könnte Saudi-Arabien der größte Investor werden. Aber alle großen Konzerne aus diesem Wirtschaftsbe- reich werden dabei sein.

Positiv ist, wie schon erwähnt, dass Europa und Afrika auch alleine vorangehen kön- nen und dass daran jetzt auch ernsthaft gearbeitet wird. Die technologischen Po- tentiale für die Beteiligten eröffnen massive Optionen, gerade auch für Europa [7]. Offensichtlich werden im Referenzszenario alle SDGs positiv „befördert“. Das ist überall offensichtlich, außer bei Ziel 14 „Leben unter Wasser“. Da aber die geplan- ten Aktivitäten bei Böden die Belastung der Meere mit Schadstofffrachten abmildern werden, sind sogar auch hier Fortschritte zu erwarten.

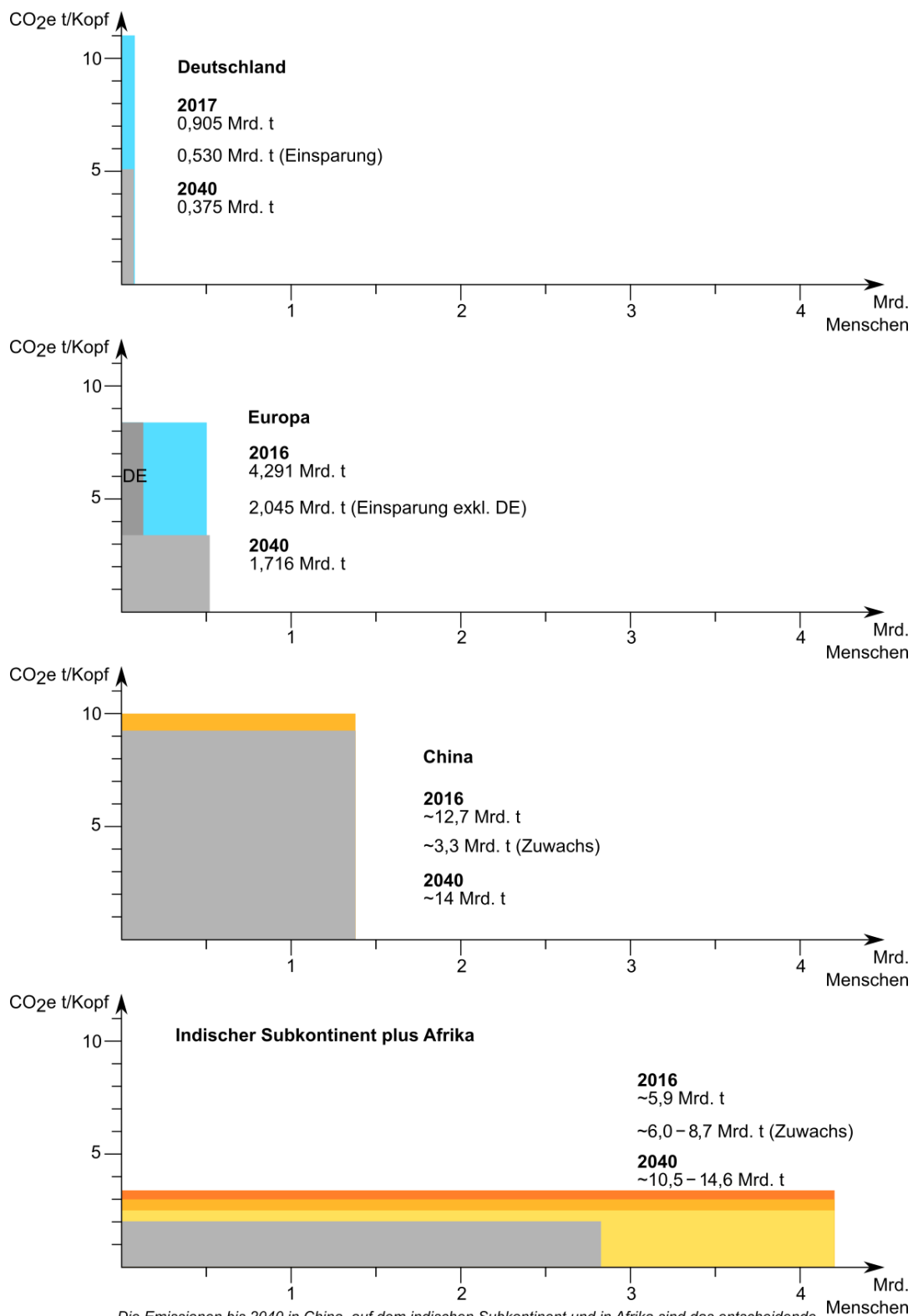
Wichtig ist auch die **soziale Dimension** des Themas. Hier eröffnet die vom Bun- desministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) Ende 2018 gestartete **Allianz für Entwicklung und Klima** viele interessante Anknüpfungspunkte und Chancen [24]. Ihr Fokus sind Co-Benefits im Bereich der SDGs, also soziale Ziele (z. B. Frauenförderung, Ausbildung für Alle, Verlangsamung des Bevölkerungs- wachstums, mehr Wohlstand), aber ebenso ökologische Ziele (Biodiversität, Was- serhaushalt). Mehr Wohlstand allein wird nicht ausreichen, um an dieser Stelle weiterzukommen. Verteilungsfragen sind immer schwierig. Die Allianz kann an die- ser Stelle vieles bewirken und hoffentlich dazu beitragen, dass die Größe der Welt- bevölkerung etwa 2050 mit 10 Milliarden Menschen ihren Höhepunkt erreicht. Das Referenzszenario wird die wirtschaftliche Entwicklung in Entwicklungs- und Schwel- lenländern fördern (Vorbild China). Die Ungleichheit zwischen den Staaten wird abnehmen. Für die Ungleichheit innerhalb der Staaten ist das nicht klar. **Daher hat die neue Allianz eine große Rolle und sollte spätestens 2020 anlässlich der deutschen EU-Präsidentschaft auf die europäische Ebene gehoben werden.**

10. Jüngste Entwicklungen zum Thema

Im Rahmen der hier diskutierten Ansätze für eine Lösung der Weltenergie- und Klimaprobleme sind in jüngerer Zeit im Umfeld des Autors viele interessante Ent- wicklungen erfolgt. Sie werden im Detail in der Arbeit von **E. Herlyn** [8, 9] in diesem Band angesprochen, teils auch schon in der Publikation [9]. Mit Blick auf die Allianz für Entwicklung und Klima ist dabei hervorzuheben, dass sich Robert Bosch schon 2020 klimaneutral stellt, ebenso Kühne + Nagel. Kühne + Nagel ist das weltweit größte Logistikunternehmen für Containertransport auf Schiffen. Dieser Transport soll bis 2030 klimaneutral sein – dies vor allem auch auf Basis von **Nature-based solutions**. Durch die Brände im Amazonas Gebiet haben Projekte zum konsequenten Regenwaldschutz enorm an Bedeutung gewonnen. Das BMZ engagiert sich hierzu auf UN-Ebene in Partnerschaft mit vielen Ländern. Der letzte IPCC Sachstandbericht wie auch die Preisvergabe 2019 des Deutschen Umweltpreises weisen in diese Richtung.

Gerade auch das Boden-Thema gewinnt an Bedeutung. Mit der Satellitentechnik und Nutzung der IT-Möglichkeiten deuten sich neue Methoden der Kohlenstoff-

messung wie der Kontrolle von Projekten an. Air France und British Airways haben angekündigt, ihre innerstaatlichen Flüge zu kompensieren. Die Fluglinie EasyJet hat das zwischenzeitlich sogar für alle ihre Flüge angekündigt. Nature-based solutions werden auch dabei eine wichtige Rolle spielen. In der Allianz für Entwicklung und Klima wird der Umgang mit Nature-based solutions engagiert diskutiert. Aufbauend auf wissenschaftliche Erkenntnisse, votiert der Autor dafür, bei geeigneten Waldprojekten 2 Tonnen CO₂-Kompensation pro Jahr und bei entsprechenden Bodenprojekten 1 Tonne CO₂-Kompensation pro Jahr pauschal anzuerkennen und sich bei der Zertifizierung auf eine (erweiterte) Zertifizierung bei den Entwicklungseffekten zu beschränken. Dies um die Kosten zu senken, um so die Anzahl der angebotenen Projekte zu vergrößern. Denn die Projekte werden jetzt schon zum Engpass. Das ist ein gutes Zeichen, verlangt aber auch Maßnahmen zu Hochskalierung guter Projekte zur Förderung von Entwicklung und zur Verbesserung der Situation im Klimabereich.



Die Emissionen bis 2040 in China, auf dem indischen Subkontinent und in Afrika sind das entscheidende Thema. Natürlich sind sie mit Unsicherheit behaftet. Sie hängen stark von den politischen Maßnahmen und der wirtschaftlichen Entwicklung ab. Für den indischen Subkontinent (Indien, Pakistan, Bangladesch) plus Afrika sind drei Szenarien für Zuwächse gezeigt. In jedem Fall ist aber der absehbare Zuwachs gewaltig. Hier muss gehandelt werden.

Abb. 1 Pro-Kopf-CO₂e-Emissionen aktuell und erwartet (2040), Bevölkerungsentwicklung und mögliche Einsparungen (blau) bzw. erwartbare Zuwächse (gelb/orange)
Die drohenden massiven Emissionszuwächse in Afrika und auf dem indischen Subkontinent bestimmen das Bild.

Was muss gelingen?

(Zielsetzungen einer zukunftsfähigen Lösung,
insbesondere im Klimabereich)

- Weltbevölkerung bei 10 Milliarden Menschen stabilisieren⁴
- 20 Millionen neue Arbeitsplätze pro Jahr in Afrika schaffen
- Keinem Staat ökonomisch die „Luft“ abdrehen
- Einen „nuklearen Winter“ als Folge eines atomaren Kriegs auf niedrigem Niveau verhindern
- Die riesigen, auf fossilen Energieträgern beruhenden Industrien intakt halten
- Bilanzielle CO₂-Neutralität erreichen (z. B. durch Kohlenstoffrecyclierung)
- Regenwälder erhalten (Industrieländer sollen dafür zahlen)
- Böden intakt halten und verbessern (zu Kohlenstoffspeichern weiterentwickeln)
- Menschheit ernähren (Wüstenbildung umkehren, besserer Umgang mit Böden)
- Zwei-Klassengesellschaft in Europa verhindern
- Zwei-Klassengesellschaft weltweit graduell überwinden

Abb. 2 Zielsetzungen einer zukunftsfähigen Lösung

⁴ Dies kann nur bei Entstehung von Wohlstand und Umsetzung der SDGs gelingen

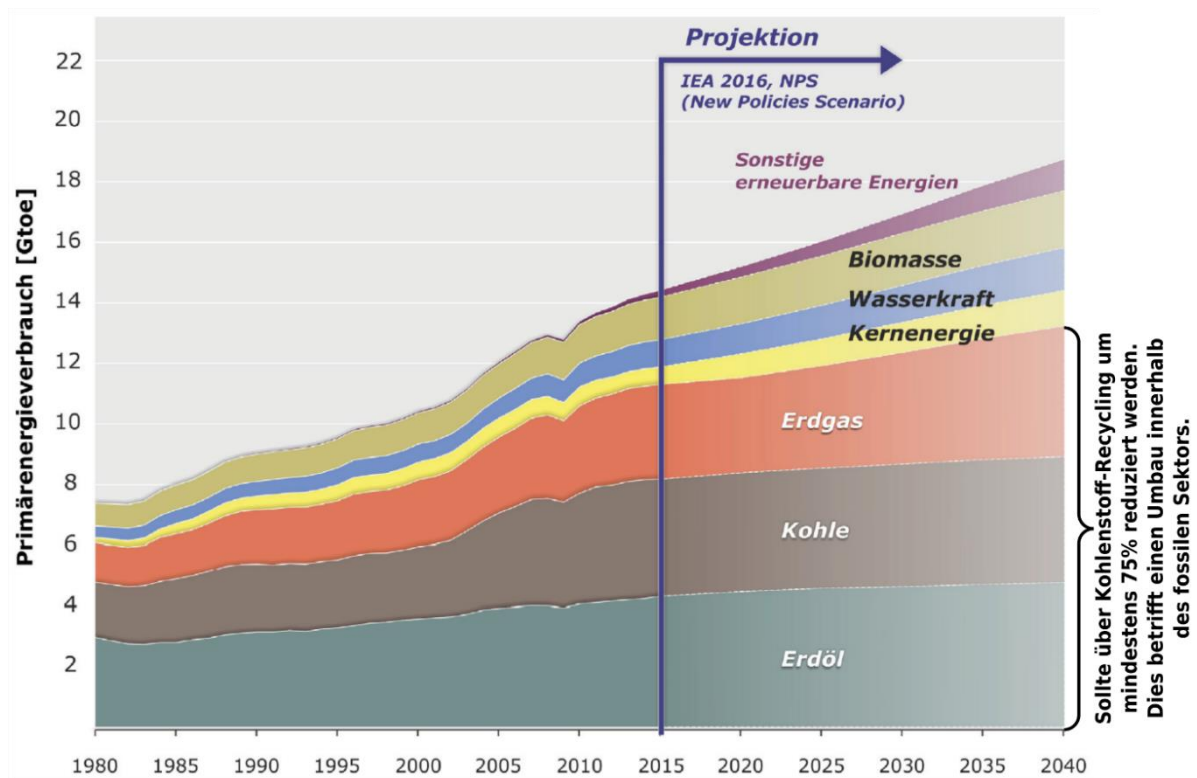


Abb. 3 Prognostizierter weltweiter Energieverbrauch

Quelle: Grafik modifiziert, aus Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Energiestudie 2016, Szenarien nach IEA 2016: World Energy Outlook. Paris, Frankreich

Kohlenstoffzyklus Energie heute

Kraftwerke, Schwerindustrie, Chemie, Mobilitätsbereich, Wärme, ...

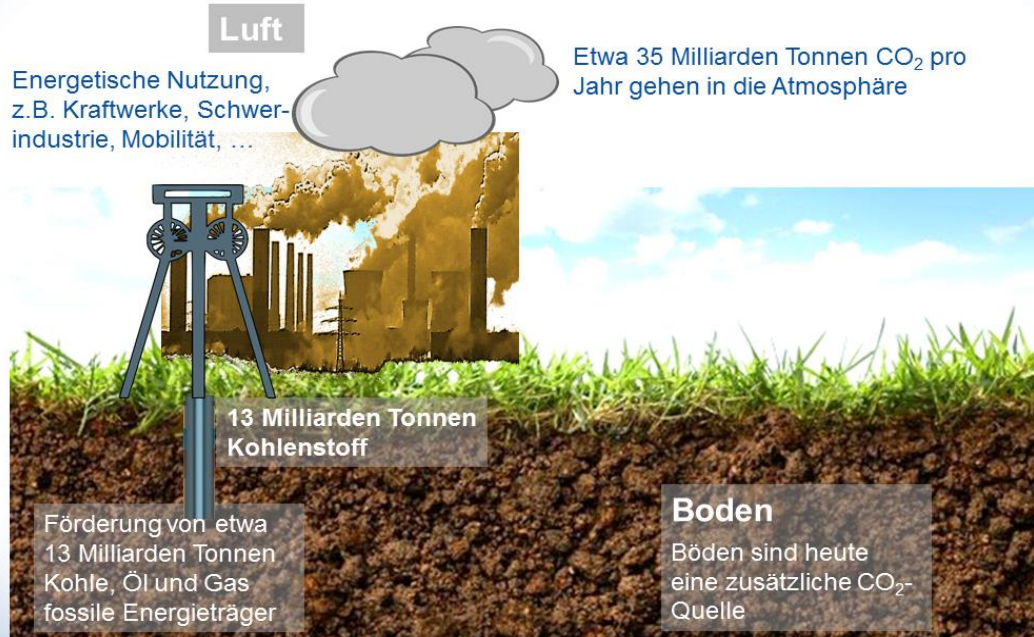


Abb. 4 Heutiger Kohlenstoffzyklus

Geschlossener Kohlenstoffzyklus Energie (zukünftig)



Erhalt/Umbau der mit fossilen Energien verbundenen Industriebranchen in der heutigen wirtschaftlichen Größenordnung (Kraftwerke, Schwerindustrie, Chemie, Mobilitätsbereich, Wärme, ...). Abstützung des Industriesektors durch zwei Bereiche: den primären Kohlenstoffbereich (fossile Energieträger) und den sekundären Kohlenstoffbereich (Methanol-Ökonomie).

Geschlossener Kohlenstoffkreislauf — bestehend aus der Quelle „fossile Energieträger“ und der Senke „Boden“

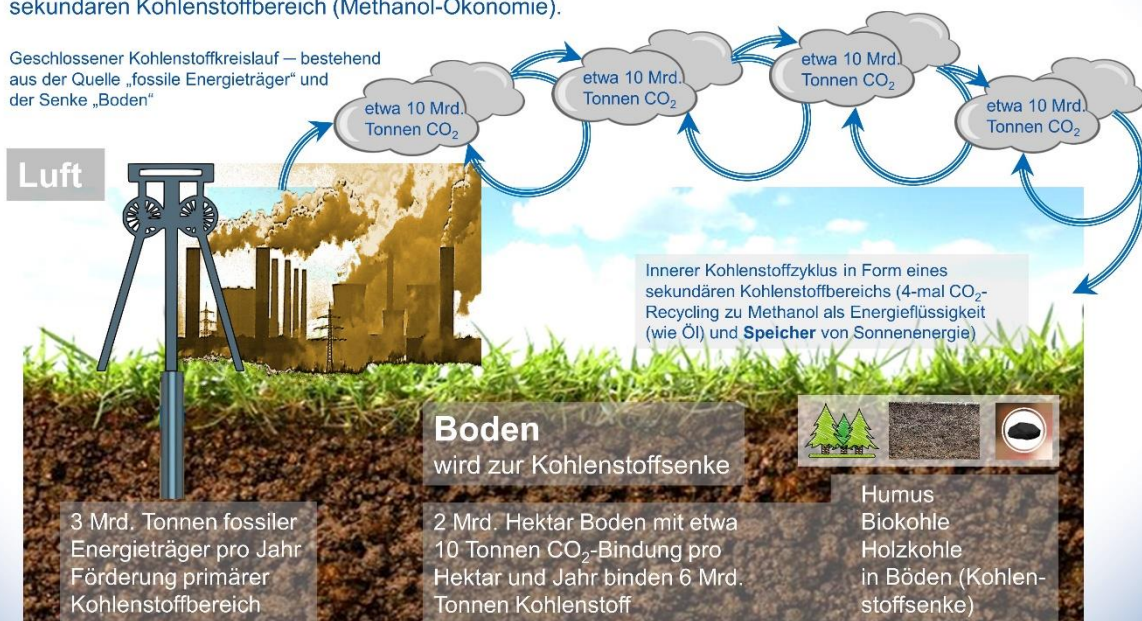


Abb. 5 Zukünftiger geschlossener Kohlenstoffzyklus

Energiestatus 2019

7,5 Milliarden Menschen, Welt-BIP 80 Billionen Euro

hohe Ungleichheit, insbesondere zwischen den Staaten

Zusammensetzung der genutzten Primärenergie:

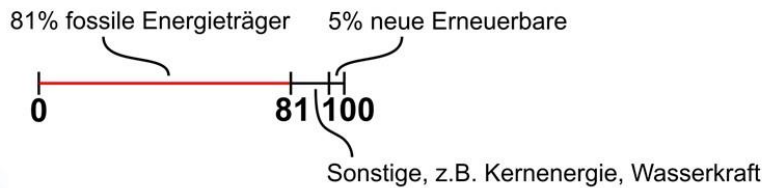


Abb. 6 Energiesituation 2019

Energiestatus 2050 (gemäß Referenzszenario)

10 Milliarden Menschen (Peak der Weltbevölkerungsentwicklung?!)

Welt-BIP 140 Billionen Euro; deutlich verbesserte Wohlstandssituation

in den Entwicklungs- und Schwellenländern / Umsetzung der SDGs

(bei starker staatlicher Führung)

Zusammensetzung der genutzten Primärenergie:

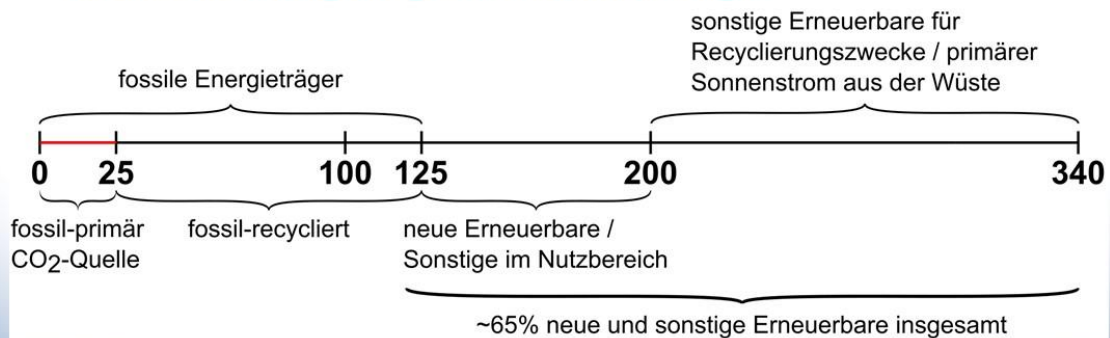


Abb. 7 Energiesituation 2050

Wege zu Methanol (CH_3OH) und Einsatzfelder

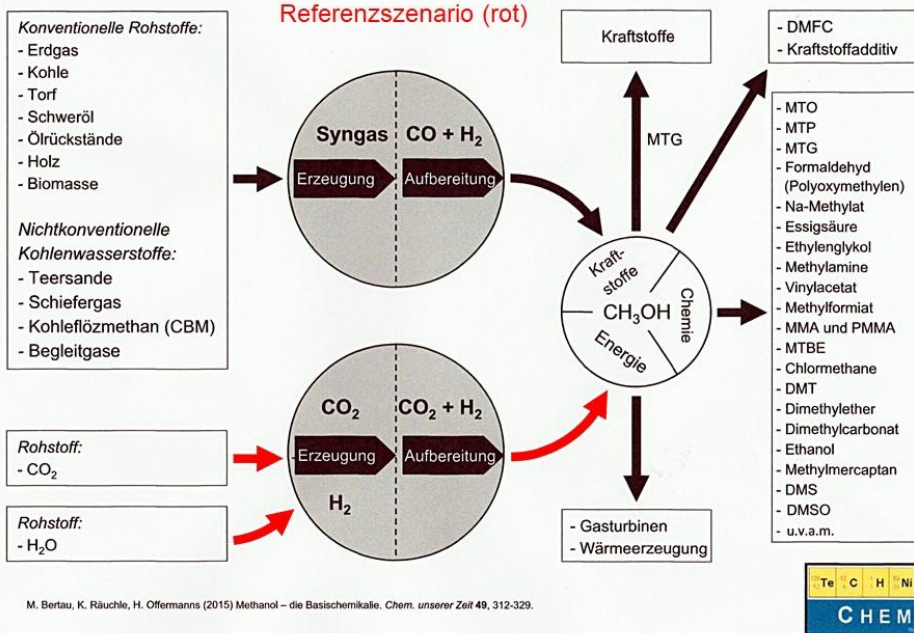


Abb. 8 Wege zu Methanol (CH_3OH) und Einsatzfelder

Literatur

1. BDBe, DVFG, MEW, MVaK, MWV, UFOP, UNITI und VDB Verbände: Allianz für grüne Kraftstoffe: Klimaziele im Verkehr sind nur mit CO₂-armen Kraftstoffen zu erreichen. Berlin, 03.04.2019
2. Bertau, M., Offermanns, H., Plass, L., Wernicke, H.-J. (Hrsg.): Methanol: The Basic Chemical and Energy Feedstock of the Future: Asinger's Vision Today. Springer, 2014
3. Club of Rome, Senat der Wirtschaft: Migration, Nachhaltigkeit und ein Marshall-Plan mit Afrika, Denkschrift für die deutsche Bundesregierung, November 2016
4. Crowther, T.W. et al.: Mapping tree density at a global scale, Nature 525, 201-205, 2015
5. Crowther, T.W. et al.: Predicting Global Forest Reforestation Potential, bioRxiv, doi:<https://doi.org/10.1101/210062>, 2017
6. Finkbeiner, F. & Plant-for-the-Planet: Wunderpflanze gegen Klimakrise entdeckt: Der Baum!: Warum wir für unser Überleben pflanzen müssen!. Komplett Media GmbH, 1. Auflage, März 2019
7. Gabriel, S., Radermacher, F.J., Rüttgers, J.: Europa fit machen für die Zukunft – Ein Beitrag zur Europawahl. Ultrakurzvariante. Senat der Wirtschaft Deutschland und Senate of Economy Europe, März 2019
8. Herlyn, E.: Nature-based Solutions – Aktuelle Herausforderungen und zukünftige Potenziale. Erschienen in Gottwald, F.-Th., Plagge, J., Radermacher, F.J., (Hrsg.): Klimapositive Landwirtschaft und andere Nature-based Solutions. Senat der Wirtschaft e.V., 2021
9. Herlyn, E.; Lévy-Tödter, M. (2019): Die Agenda 2030 als 'Magisches Vieleck' der Nachhaltigkeit: Systemische Perspektiven, SpringerGabler, Wiesbaden.
10. Hüttl, R.F., Bens, O., Schneider, B.U.: Klimaänderung im System Erde: Minderung oder Anpassung? Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, 2012
11. IEA World Energy Balances database © OECD/IEA 2018, www.iea.org/statistics
12. Johnston, P.: Protecting the climate, biodiversity and sustainable diets – rethinking land-use for bio-sequestration. Presentation at the ceremony for the Abbot Jerusalem Prize in Braunschweig, 26th November 2019, see www.fawn-ulm.de
13. Müller, G.: UNFAIR! Für eine gerechte Globalisierung, Murmann Publishers, 2017
14. Müller, G.: UMDENKEN – Überlebensfragen der Menschheit. Murmann Publishers, 2020
15. Nair, C.: The Sustainable State – The Future of Government, Economy, and Society. Berrett-Koehler Publishers, 2018
16. Offermanns, H.: Ein Institut und eine Vision. In: Nachrichten aus der Chemie 64, April 2016 www.gdch.de/nachrichten
17. Offermanns, H., Effenberger, F., Keim, W., Plass, L.: Solarthermie und CO₂: Methanol aus der Wüste, erschienen in: Chemie – Ingenieur – Technik, 2017

18. Olah, G.A., Goeppert, A., Prakash, G.K.S.: Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy. Wiley-VCH Verlag, 3. Auflage, 2018
19. Quicker, P., Weber, K. (Hrsg.): Biokohle. Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von Biomassekarbonisation. Springer Vieweg, 2016
20. Radermacher, F.J., Beyers, B.: Welt mit Zukunft. Die ökosoziale Perspektive. Murmann, 1. Auflage 2007, überarbeitete Auflage 2014
21. Radermacher, F.J.: Der Milliarden-Joker – Freiwillige Klimaneutralität und das 2°C-Ziel, Murmann Verlag, 2018
22. Radermacher, F.J.: SDGs neu denken – Der nationale Fokus als Problem. FAW/n Ulm, August 2018
23. Radermacher, F.J.: Klimawandel und Klimaschutz – Methanol hilft! In: Klima und Kapital. Audit Committee Quaterly. Das Magazin für Corporate Governance. Audit Committee Institute e.V., 1/2019
24. Radermacher, F.J.: Der Marshall Plan mit Afrika – ein Ansatz zur Umsetzung der Agenda 2030?! erschienen in: Herlyn, E.; Lévy-Tödter, M. (2019): Die Agenda 2030 als 'Magisches Vieleck' der Nachhaltigkeit: Systemische Perspektiven, SpringerGabler, Wiesbaden.
25. Radermacher, F.J.: Die internationale Energie- und Klimakrise überwinden – Methanolökonomie und Bodenverbesserung schließen den Kohlenstoffzyklus. In: Senat der Wirtschaft: Europa fit machen für die Zukunft. Impulsbeiträge für eine gemeinwohlorientierte Europapolitik, Senat der Wirtschaft-Verlag, 2019
26. Radermacher, F.J.: Greta Thunberg: „How dare you?“ Eine Kommentierung, FAW/n Ulm, 16.10.2019
27. Senat der Wirtschaft und Club of Rome: Migration, Nachhaltigkeit und ein Marshall-Plan mit Afrika. Denkschrift für die Bundesregierung. Sonderausgabe SENATE, 2017
28. Siegemund, S., Schmidt, P. et al.: The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU, "E-FUELS" Study. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) und Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST), schöne drucksachen GmbH, Berlin, 11/2017
29. Smith, Pete, et al. "Land-Management Options for Greenhouse Gas Removal and Their Impacts on Ecosystem Services and the Sustainable Development Goals." *Annual Review of Environment and Resources* 44 (2019): 255-286
30. World Energy Council/Weltenergieerat Deutschland: Internationale Aspekte einer Power-to-x Roadmap. frontier economics, 18. Oktober 2018

Danksagung

Der Autor dankt zunächst Prof. Dr. Franz-Theo Gottwald, Schweisfurth Stiftung, für seine Initiative zur Publikation dieses Bandes in Zusammenarbeit mit der Stiftung des Senats der Wirtschaft. Er dankt weiterhin den Herren Heribert Offermanns und Ludolph Plass für die vielen Hinweise zu Methanolökonomie, ohne die dieser Text nicht entstanden wäre sowie Herrn Jürgen Dollinger und Herrn Michael

Gerth vom FAW/n für die Unterstützung bei der Datenbeschaffung und den Berechnungen in den Szenarien, Frau Azadeh Farajpour vom FAW/n für Hinweise zum Themenfeld Nature-based solutions. Herrn Frithjof Finkbeiner – und seinem Sohn Felix – (Plant-for-the-Planet) gilt der Dank für die langjährige Zusammenarbeit in den Themenbereichen Aufforstung und Desertec. Frau Prof. Estelle Herlyn (FOM) danke ich für die Zusammenarbeit im Bereich Nature-based solutions, ihre kritische Begleitung der Überlegungen und viele wichtige Hinweise sowie ihren eigenen Beitrag zu dem vorliegenden Buch "Schweisfurth/Senat".