

## Planetares Carbon Recycling

von Hans-Peter Schmidt<sup>1\*</sup> und Nikolas Hagemann<sup>1,2,3</sup>

### Artikel Information

veröffentlicht am 23. Dezember 2023

<sup>1</sup> Ithaka Institute for Carbon Strategies, Ancienne Eglise 9, CH-1974 Arbaz, Switzerland

<sup>2</sup> Ithaka Institute Germany, Altmutter Weg 21, 63773 Goldbach, Germany

<sup>3</sup> Agroscope, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Switzerland

\* Korrespondierender Autor: schmidt@ithaka-institut.org

### Zitierweise:

Schmidt HP, Hagemann N, Planetares Carbon Recycling, Ithaka-Journal 2023, Arbaz, Switzerland, ISSN 1663-0521, pp. 443-449, www.ithaka-journal.net/

**Erneuerbarer Kohlenstoff, der aus Biomasse oder direkt aus der Atmosphäre und den Ozeanen zu gewinnen ist, wird in Zukunft die Grundlage der Weltwirtschaft bilden. Anstatt ihn aus fossilen Lagerstätten zu pumpen und zu verbrennen, müssen wir beginnen, Kohlenstoff beständig zu recyceln. Solange der biogene und recycelte Kohlenstoff in Wäldern, Sümpfen und Materialien wie Häusern, Straßen, Batterien, Autos, Möbeln, Windkraftanlagen, Skiern und T-Shirts verbleibt, verursacht er keine Klimaerwärmung und kann als temporäre C-Senke zertifiziert werden. Egal, ob die Lebensdauer der temporären C-Senken ein, zehn oder hundert Jahre beträgt, für die Zeitdauer ihres Bestands haben die temporären C-Senken die gleiche Klimawirkung wie dauerhafte geologische C-Senken. So wertvoll der Kohlenstoff aus Biomassen ist, zur Rettung des Klimas und dem Aufbau der nicht-fossilen Weltwirtschaft, braucht es zusätzlich die Technologie zur Gewinnung von Kohlenstoff aus der Luft und aus den Ozeanen.**

Falls die Treibhausgas-Emissionen bis zur Mitte des Jahrhunderts nicht um mindestens 90% reduziert werden, wird der Planet letztlich nur durch Hochtechnologie und Schutzraumstädten für Menschen bewohnbar bleiben. Eine Reduktion von 90% lässt sich aber nur erreichen, wenn kein fossiler Kohlenstoff mehr gefördert und verbrannt wird. Es führt kein Weg daran vorbei, dass der Handel mit fossilem Kohlenstoff (Erdöl, Erdgas, Braun und Steinkohle, Torf) gesetzlich eingeschränkt und schließlich verboten wird. Kohlenstoff an sich ist allerdings unverzichtbar. Kohlenstoffbasierte Materialien sind und werden immer das Kernelement der Weltwirtschaft bleiben. In der Zukunft wird Kohlenstoff jedoch nicht mehr aus Lagerstätten tief unter der Erdoberfläche, sondern aus der Luft und aus den Ozeanen entnommen werden.

Alltagsgegenstände und Baumaterialien, Chemikalien und Medikamente, Textilien, Lebensmittel und vieles mehr – in keinem Lebensbereich lässt sich auf kohlenstoffbasierte Materialien verzichten. Der Erlass eines schrittweisen Ver-

bots der Förderung fossiler Kohlenstoffe wird damit zu einem wachsenden Bedarf an alternativen Kohlenstoffquellen und damit zu deren Wertzuwachs führen. Langfristig stehen uns im Wesentlichen fünf Quellen zur Bereitstellung von Kohlenstoff zur Verfügung:

- (1) organischer Kohlenstoff aus Biomasse,
- (2) CO<sub>2</sub> aus den verbleibenden Verbrennungsprozessen (insbesondere Müllverbrennung und Pyrolysegase),
- (3) Herstellung von Zement und Branntkalk,
- (4) CO<sub>2</sub> Entzug aus der Atmosphäre und
- (5) CO<sub>2</sub>-Entzug aus den Ozeanen.

### Grenzen der Kohlenstoffgewinnung aus Biomasse

Die Produktion von Kohlenstoffmaterialien aus Biomasse steht in Konkurrenz mit der Landwirtschaft und dem Schutz von Ökosystemen. Unter Wahrung der Ernäh-

ringssicherheit und der Biodiversität liegt das globale Biomassepotential für die Deckung des Bedarfs an industriellem Kohlenstoff bei ca. 10 Gt CO<sub>2</sub>e pro Jahr, was etwa 20 – 30% des zu erwartenden Bedarfs an klimaneutralen Kohlenstoffen für Materialien, Treibstoffe und zusätzlich notwendige C-Senken ausmacht. Mittels neuer Biomassestrategien wie z.B. dem Anbau von Meeresalgen, dem Ausbau von Plantagen schnellwachsender Biomassen wie Bambus oder Elefantengras, Indoor-Farming oder die konsequente Verwendung von Zwischenfrüchten und Agroforst könnten das verfügbare Biomassepotential weiter erhöht werden. Trotzdem bleibt die Skalierung durch mehrere planetare Grenzen limitiert (hauptsächlich Flächennutzung, Ökosysteme, Grundwasserschutz, Nährstoffe/Düngemittel), womit eine Steigerung der Biomassproduktivität um das Drei- bis Fünffache praktisch auszuschließen ist. Zur Bewahrung der globalen Biodiversität und natürlichen Ressourcen sollte die globale land- und forstwirtschaftliche Nutzfläche ja keinesfalls größer, sondern vielmehr zu Gunsten von Naturschutzgebieten reduziert werden (siehe hierzu die [UN-Initiative Nature Pledge](#) und [Nature Needs Half](#)).

Um Kohlenstoff aus Biomassen möglichst effizient zu nutzen, muss die Verarbeitung vorrangig auf Kohlenstoffhaltung abzielen. Wenn Holz direkt für den Bau oder für Möbel, wenn Strohhäcksel direkt als Zusatz von Lehmziegeln oder wenn Lignin für die Kunststoffindustrie extrahiert und Zellulose zu Verbundwerkstoffen (siehe u.a. [Autos als C-Senken](#)) werden, bleiben 80 bis 95% des von Pflanzen aufgenommenen Kohlenstoffs für die Lebensdauer der Produkte erhalten und können am Ende des Produktzyklus meist recycelt werden. Wird die Biomasse zu Pflanzenkohle pyrolysiert, gehen bei derzeitigen Verfahren über 50% des Kohlenstoffs verloren, aber es entsteht eine besonders dauerhafte Form des Kohlenstoffs sowie nutzbare thermische und elektrische Energie. Wird die Pyrolyse mit einem Verfahren der CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus den Abgasen kombiniert, kann die C-Effizienz sogar auf 80 – 95% erhöht werden (siehe u.a.: [Pyrogenic Carbon Capture and Storage](#)).

Auch wenn noch deutlich mehr Biomasse zur C-Nutzung angebaut und die Effizienz der Kohlenstoffnutzung aus Biomasse durch Materialanwendung und CO<sub>2</sub>-Abscheidung erhöht würde, wäre die globale Menge an verfügbarem Biomasse-Kohlenstoff nicht ausreichend, um fossilen Kohlenstoff in der Materialanwendung vollständig zu ersetzen, Wärme zu erzeugen und geologische Senken aufzubauen. Die Differenz zwischen benötigter Menge an Kohlenstoff und der durch Biomasse und Industrie (Müllverbrennung, Pyrolyse, Zement etc.) verfügbaren Menge muss durch technischen Entzug von CO<sub>2</sub> aus der Atmo-

sphäre und aus den Ozeanen abgedeckt werden. Die dafür zum Einsatz kommenden Technologien sind als Direct Air Capture (DAC) und Direct Ocean Capture (DOC) bekannt.

Die in der Atmosphäre und in den Ozeanen befindlichen CO<sub>2</sub>-Mengen stehen im Gleichgewicht und variieren sich mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung gegenseitig aus. Wird viel CO<sub>2</sub> emittiert, steigt auch das CO<sub>2</sub> in den Ozeanen. Wird der Atmosphäre viel CO<sub>2</sub> durch Wälder oder mittels DACs/DOCs entzogen, so strömt CO<sub>2</sub> aus den Ozeanen zurück in die Atmosphäre, um das Gleichgewicht aufrecht zu halten. Der Aufbau von C-Senken führt also nicht zuletzt auch dazu, dass CO<sub>2</sub> aus den Ozeanen wieder in die Atmosphäre zurückkehrt; diesen Vorgang nennt man Reflux.

Nahezu der gesamte fossile Kohlenstoff, der in den letzten 250 Jahren global emittiert wurde, befindet sich heute in der Atmosphäre, den Ozeanen, in der Biomasse und im Humus. Damit ist ein quasi endloses Reservoir für die Gewinnung von industriell nutzbarem Kohlenstoff vorhanden. Seit 1750, dem ungefähren Beginn der Industrialisierung hat die Menschheit insgesamt rund 1500 Gt CO<sub>2</sub> aus fossilen Quellen emittiert ([link](#)) und hat sich seither gemäß chemisch-physikalischer Gesetze vor allem zwischen den Ozeanen, der Atmosphäre und der Biosphäre (Biomasse, Böden, Lebewesen) verteilt. Genau diese Menge Kohlenstoff steht der Industrie als beinahe unbegrenztes Reservoir zur Verfügung. Was einst als Braunkohle unter Tage abgebaut oder als Erdöl und Erdgas gefördert wurde, kann nun abermals gefördert werden, nur eben nicht aus unterirdischen Lagerstätten, sondern mittels entsprechender Verfahren aus Luft und Wasser.

In den nächsten beiden Jahrzehnten werden Luft und Ozeane zur wichtigsten Förderquelle für Kohlenstoff. Ein neues Kohlenstoffzeitalter beginnt, aber nicht mit fossilem, sondern mit recyceltem Kohlenstoff. Sobald die Industrie auf nicht-fossile Kohlenstoffquellen umgestellt ist, wird es keinen industriellen Mangel an Kohlenstoff mehr geben. Der Kohlenstoff wird ab dann im Kreislauf geführt, und er wird weder dem Klima noch der Umwelt schaden.

### **C-Senken aus Biomasse oder direkt aus Luft und Ozeanen?**

Die landwirtschaftliche und marine Bereitstellung von organischem Kohlenstoff in Form von Pflanzen und Algen ist zwar kostengünstig, aber sehr flächenintensiv und auch nicht risikofrei (Waldbrände, Heuschreckenplagen u.v.m.). Auch liegt der Kohlenstoff in der Biomasse in vielen verschiedenen chemischen Bindungen vor, weshalb es für eine

## CO<sub>2</sub> emissions by fuel or industry type, World

Our World  
in Data

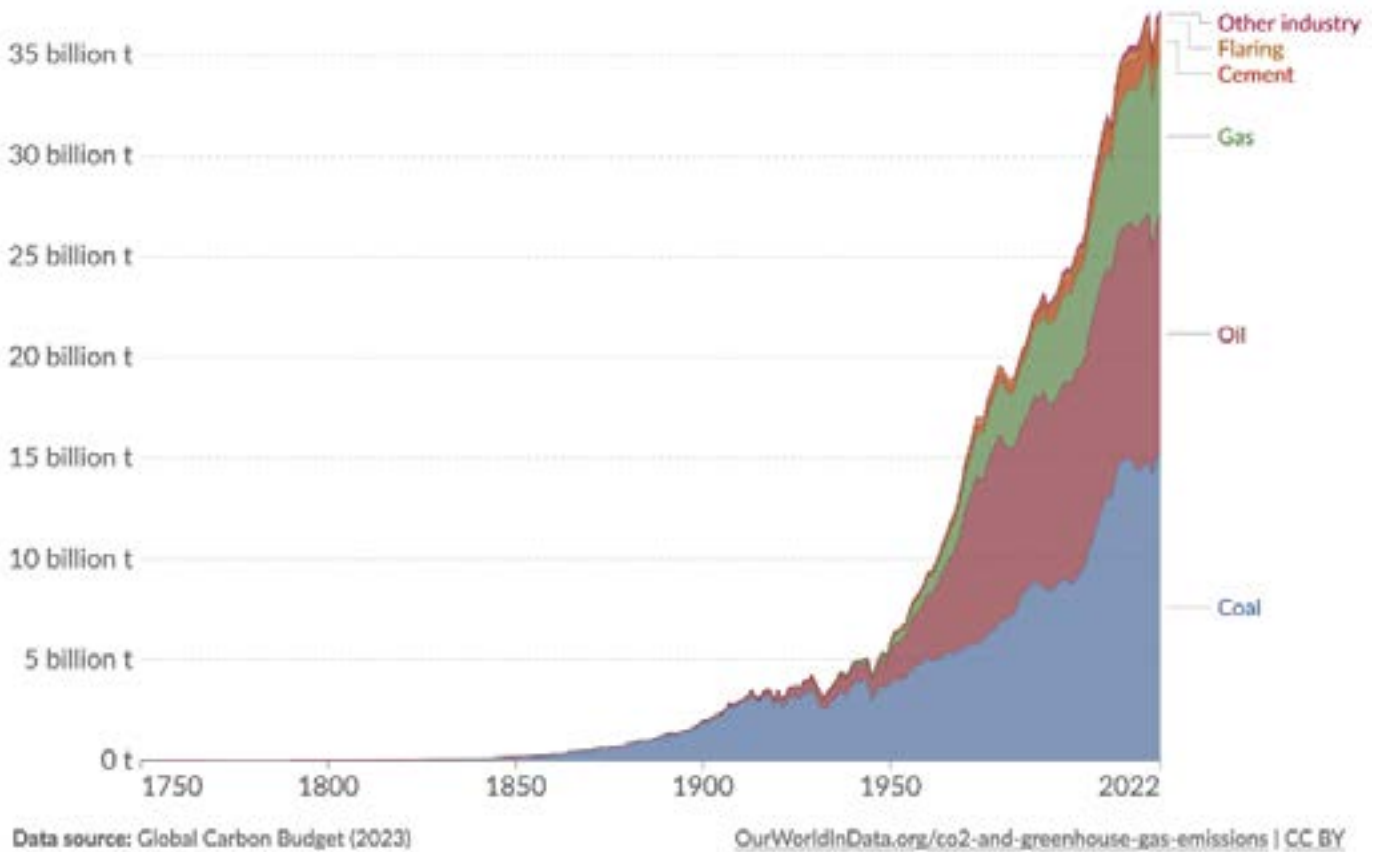


Abb. 1: Weltweite CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 1750 unterteilt in fossile Kohlenstoffarten und Industrien.

industrielle Weiterverarbeitung von Biomasse-Kohlenstoff zu standardisierten Industriequalitäten aufwändige und damit kostenintensive Verfahrensschritte braucht. Der CO<sub>2</sub>-Entzug aus der Luft und den Ozeanen erfordern momentan zwar noch hohe Investitionskosten, dafür weisen sie eine erheblich geringere Flächenintensität auf und das CO<sub>2</sub> kann direkt in den Chemierohstoff CH<sub>4</sub> umgewandelt werden. Über neue Entwicklungen zur DAC-Technologie empfehlen wird den [Sprin-D Podcast mit Casey Handmer](#).

Bereits mit heutiger Technologie ist DAC rund 25mal flächeneffizienter als hiesige und 10mal flächeneffizienter als tropische Wälder. Während in Deutschland 1 Hektar Wald rund 20 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr aufnehmen kann, lassen sich mittels DAC auf der gleichen Fläche 500 Tonnen CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entziehen. Die Flächen für die Aufstellung der nötigen Solarpanels zur Stromherstellung und die Synthese zu Methan sind hier bereits eingerechnet. Es ist zu erwarten, dass Kohlenstoff aus DAC und DOC mittelfristig kostengünstiger als aus Biomasse bereitgestellt werden kann. Auch wenn es in Zeiten der Energie- bzw. Erdgaskrise schwierig vorstellbar ist: Photovoltaik und Wind können uns ausreichend günstigen Strom für die

energieintensiven Prozesse des CO<sub>2</sub>-Einsammelns bereitstellen können. Noch kostengünstiger ist die Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus konzentrierten Abgasen wie beispielsweise bei der Müllverbrennung oder Zementherstellung.

Um mit heutiger Technologie der Atmosphäre jährlich 10 Gt CO<sub>2</sub> zu entziehen und mit elektrolytisch produziertem Wasserstoff aus entsalztem Meerwasser zu synthetischem Methan zu verarbeiten und das Methan zu künstlicher Biochar zu pyrolysieren und geologisch zu fixieren, benötigt es nur 20% der Landfläche von Saudi-Arabien. Es braucht 450.000 km<sup>2</sup>, um das Klima zu retten. Dies entspricht 0,3 % der globalen Landfläche. Für die weltweite Stromproduktion mit Solarpanels, Erzeugung von Wasserstoff aus entsalztem Meerwasser und Transport an jeden Ort des Globus braucht es noch einmal ca. 350.000 km<sup>2</sup>. Und natürlich muss das nicht alles in Saudi-Arabien stattfinden, sondern über die ganze Welt verteilt, was den Transportaufwand massiv reduziert.

Es braucht weniger als 1% der weltweiten Landfläche, um mit Solarenergie die gesamte Welt mit Strom, Treibstoff, Wärme, Chemie, Plastik, Dünger und C-Senken zu ver-

sorgen. Die Sonne ist ein Reaktor, der uns täglich kostenlos mit Energie versorgt. Trotzdem droht die Menschheit unterzugehen, weil sie das zu viel an Sonnenenergie nicht verwalten kann. Dabei liegt die Lösung auf der Hand. Die konkreten Zahlen, Modelle und Berechnungen, die diesem Szenario zu Grunde liegen, veröffentlichen wir im nächsten Ithaka-Artikel. Dort finden Sie dann auch die Evaluierung, dass in den USA ein 3 km breiter Streifen mit Solarpanels über die gesamte Länge der mexikanischen Grenze genügen würde, um den Strombedarf der gesamten Vereinigten Staaten zu sichern.

### Geologische und temporäre C-Senken

Die Persistenz, also die Dauerhaftigkeit der Kohlenstoffspeicherung, ist heute ein entscheidendes Kriterium bei der Bewertung einer C-Senke. Hierbei wird zwischen geologischen Senken, in denen der Kohlenstoff über 1000 Jahre weitestgehend stabil verweilt, und temporären C-Senken unterschieden. Temporäre C-Senken haben eine Lebensdauer von mindestens einem bis zu mehreren hundert Jahren. Anders als bei geologischen Senken ist das C bei temporären C-Senken nicht als persistente Fraktion von Pflanzenkohle in Böden oder als Karbonat in Gestein gespeichert, sondern insbesondere in nutzbaren Materialien und Rohstoffen oder auch in lebender Biomasse wie Bäumen gespeichert. Der Erhalt temporärer C-Senken (z.B. der Bestand eines Holzhauses oder die Lebensdauer eines Abwasserrohres) muss regelmäßig kontrolliert werden. Temporäre C-Senken können stetig oder exponenti-

ell oder auch sprunghaft abnehmen oder auch zunehmen. Entscheidend ist, dass eine Zertifizierung der Klimaleistung nur für die Jahre erfolgen, in denen der Bestand und die Menge der C-Senke bereits bestätigt wurde.

Geologische C-Senken können aufgrund ihres quasi unbegrenzten Erhalts CO<sub>2</sub>-Emissionen komplett ausgleichen und deren Klimawirkung auf unbegrenzte Zeit annullieren (CO<sub>2</sub>-Offset). Temporäre C-Senken hingegen können nicht für CO<sub>2</sub>-Offsets verwendet werden. Temporäre C-Senken kompensieren ebenfalls die Klimawirkung einer gleichgroßen Treibhausgas-Emission – aber eben nur für die Dauer ihrer zertifizierten Lebenszeit. Besteht z.B. eine temporäre C-Senke von 100 t CO<sub>2</sub>e für 30 Jahre, so kann sie für diese 30 Jahre den globalen Klimaerwärmungseffekt einer CO<sub>2</sub>-Emission von 100 Tonnen durch einen gleich hohen Global Cooling Effekt kompensieren. Nach den 30 Jahren müsste die C-Senke dann erneuert werden, um den globalen Klimaerwärmungseffekt der 100 t CO<sub>2</sub>-Emission weiterhin zu kompensieren.

Für die Zeitdauer des zertifizierten Bestands einer temporären C-Senke ist ihre Klimawirkung ebenso groß wie die Klimawirkung einer gleichgroßen geologischen C-Senke.

### Konkurrenz von C-Senken Materialien und geologischen C-Senken

Die industrielle Nutzung von nicht fossilem Kohlenstoff sei es in Form von Pflanzenkohle, Holz, Lignin oder syn-

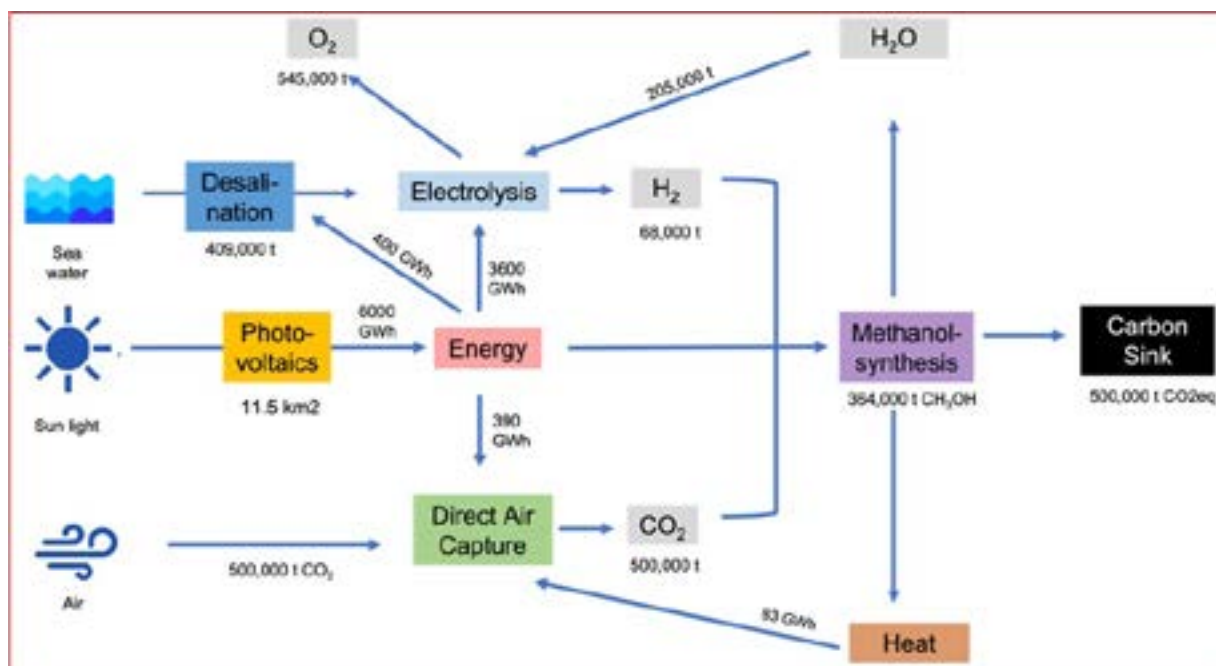


Abbildung 2: Beispiel für die Herstellung einer methanolbasierten C-Senke von 500.000 Tonnen CO<sub>2</sub>e. Es bedarf einer Fläche von rund 14 km<sup>2</sup> für Solarpanels, Meerwasserentsalzung, CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus der Atmosphäre und Synthetisierung von CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> zu Methanol.

thetischem Methan aus DAC/DOC-Prozessen führt meist nur zu temporärer Speicherung in Produkten wie Plastik, Verbundwerkstoffen, Asphalt, Stahl, Gebäuden usw. All diese Materialien stellen für die Zeit ihres Lebenszyklus eine C-Senke dar. Fossiler Kohlenstoff wird hierbei durch rezyklierten Kohlenstoff ersetzt. Werden zusätzlich zu den industriellen C-Senken-Materialien noch erhebliche Mengen an geologischen C-Senken für den Klimaschutz aufgebaut, würde die Herstellung von Materialien aus nicht-fossilem Kohlenstoff und die Anlage von geologischen C-Senken in direkte Konkurrenz zueinander treten. Die Kohlenstoffquellen für Materialnutzung und für reine C-Senken sind die gleichen. Eine Ausnahme bildet hier nur die Methode der Ozeanalkalinisierung und der beschleunigten Verwitterung von Vulkangesteinen, wo das CO<sub>2</sub> nicht als Zwischenprodukt vorliegt, sondern direkt von der Senkenmatrix eingefangen wird.

Sicher belebt Konkurrenz das Geschäft, und höhere Nachfrage wird auch zu mehr Innovation und Industrialisierung und damit zu insgesamt sinkenden Preisen für nicht-fossilen Kohlenstoff führen. Dennoch ist es absehbar, dass die Preise für geologische C-Senken viel höher sein werden als die Preise für temporäre C-Senken aus industriellem Kohlenstoff. Der industrielle Nutzen der C-Senken-Materialien deckt den größten Teil der Kosten für die Bereitstellung und Transformation des nicht-fossilen Kohlenstoffs. Der Preis von geologischen C-Senken hingegen wäre fast ausschließlich durch die langfristige Klimadienstleistung definiert (abzüglich eines etwaigen Nutzens von Pflanzen-

kohle in der Land- und Viehwirtschaft). Wird Kohlenstoff durch langfristige (geologische) C-Senken den industriellen und landwirtschaftlichen Kreisläufen entzogen und durch Steuergelder bezahlt, entsteht eine Konkurrenz in der C-Senken-Wirtschaft, welche durch massiv erhöhte Nachfrage die Preise für nicht-fossilen Kohlenstoff in die Höhe treibt.

Zusätzlich fallen für geologische C-Senken Kosten bei der Einbringung in eine Senkenmatrix an, z. B. durch die Injektion in Gesteinsschichten, in denen das CO<sub>2</sub> dauerhaft in Karbonat umgewandelt wird. Der hauptsächliche Kostenfaktor ist jedoch, dass der Kohlenstoff in langfristigen Senken eben keine materielle Nutzung erfährt, sondern aus dem wirtschaftlichen Kreislauf ausgeschlossen wird.

Kohlenstoff, der in Materialien eingebunden ist, kann hingegen beständig rezykliert werden, wobei er oft Nutzungskaskaden durchläuft (z.B. Waldholz, das nach vielen Jahren geschlagen und zu Holzbalken in einem Dachstuhl wird, welche später zu Bücherregalen, Weinkisten oder Pflanzenkohle werden. Oder CO<sub>2</sub> wird in CH<sub>4</sub> umgewandelt, um daraus Polyethylen (PE) für Abwasserrohre zu machen, die später zu Baufolien umgeschmolzen werden. Oder CH<sub>4</sub> wird zu Industrierauß pyrolysiert und als Nano-Carbon in Snowboards verwendet. Werden die C-Senken Materialien schließlich biologisch (z.B. durch das Verrotten von Holz) oder chemisch (z.B. in Flugzeugabgasen oder der Müllverbrennung) zersetzt, wird der Kohlenstoff der Material-Senke wieder zu CO<sub>2</sub>. Fällt das CO<sub>2</sub> in der Müllverbrennung oder einer Pyrolyseanlage, lässt es sich



Abbildung 3: Modell einer Anlage, die mittels Solarenergie CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre gewinnt und mit elektrolytisch aus entsalztem Meerwasser gewonnenen Wasserstoff zu Methan synthetisiert. Methan ist der grundlegende Rohstoff der Chemieindustrie sowie Ausgangsstoff für weitere Treibstoffe und künstliche Biochar. (Quelle: [Obrist AG](#)).

kostengünstig aus dem Abgas abscheiden und über die Synthese von CH<sub>4</sub> wieder in den industriellen Kreislauf zurückbringen. Gelangt das CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre lässt es sich entweder von dort oder aus den Meeren und der Biomasse, wohin es mit der Zeit verlagert wird, wieder zurückgewinnen. Der industrielle Kreislauf nicht-fossilen Kohlenstoffs wird so zu einem geschlossenen Kreislauf.

Die Verwendung von biogenem und synthetischen Kohlenstoff in der Industrie konstituiert temporäre C-Senken, die immer wieder erneuert werden, da der Kohlenstoff beständig wieder aus Abgasen, der Luft oder dem Meerwasser rezykliert wird. Der in Materialien eingebundene, nicht-fossile Kohlenstoff lässt sich als temporäre C-Senken zertifizieren und registrieren.

Geologische C-Senken lassen sich zwar für tausende Jahre als C-Senke zertifizieren. Doch solange nicht alle Optionen zur Materialnutzung ausgeschöpft sind, müsste man geologische C-Senken im Vergleich zu C-Senken Materialien als Ressourcenverschwendung ansehen, da der extrahierte Kohlenstoff außer dem Klimaschutz keinerlei Nutzung erfährt. Es ist wie ein Topf voller Bargeld, der im Garten vergraben wird. Oder wie ein Dachbalken, der 20 Meter unter dem Fundament eingelassen wird, anstatt als First im Gebäck das Solardach zu halten.

### **Der Generationenvertrag**

Damit temporäre C-Senken den gleichen Klimaeffekt wie geologische C-Senken haben, müssen sie fortwährend erneuert werden. Aber wer garantiert, dass eine Materialsenke, zum Beispiel eine Holzbrücke oder der Pflanzkohle-Asphaltbelag einer Straße, nach 30 oder 50 Jahren, wenn die Brücke erneuert und der Asphalt ausgewechselt wird, durch eine neues Holzgebäude, die Pflanzung eines Waldes, eine Straße oder sonstiges Material mit frisch aus der Atmosphäre entzogenem Kohlenstoff ersetzt wird? Oder, dass das zu entsorgende Kohlenstoff-Material unter CO<sub>2</sub> Abscheidung pyrolysiert und recycelt wird? Niemand kann dies so lange in die Zukunft garantieren. Verträge sind juristisch höchstens 35 Jahre bindend, und wenn eine Firma bankrott geht, wird sie für noch kürzere Zeiträume aus der Verantwortung genommen. Aber darf sich die naheliegende Lösung, also die beständige Erneuerung temporärer Senken, nur deshalb nicht durchsetzen, weil es keine juristische Garantie gibt, dass in Zukunft jemand die klimaschützende Arbeit fortsetzt? Auch die geologischen Senken haben keine juristische Garantie für die Ewigkeit, denn wem wird in 50 oder 100 oder 1000 Jahren der Boden gehören, in dem die C-Senke eingebracht wurde? Wird der

neue Besitzer sich damit abfinden, dass irgendwann vor undenklichen Vorzeiten ein Vorbesitzer die Klimawirkung der C-Senke bereits für alle Ewigkeit verkauft und ein Flug nach Adelaide damit kompensiert hatte?

Das Klima auf der Erde ist eine Folge langfristiger natürlicher planetarer und extraplanetarer Einflüsse und ist seit einigen Jahrhunderten zunehmend von Aktivitäten der Menschheit geprägt. Die Menschheit hat sich immer auch im Kontext des Klimas entwickelt, steht aber als Zivilisation vom ersten Werkzeug und Feuer bis zu den Ursprüngen der Landwirtschaft, von den Religionskriegen und der Industrialisierung, bis hin zum Computerzeitalter und künstlicher Intelligenz jeweils auf den Schultern der vorhergehenden Generation. Jede folgende Generation steht im historischen Kontext aller vorhergehenden Generationen. Die neue Generation erbt sowohl das gesamte Wissen der Menschheit, die Handwerkskünste, die Technologien als auch alle Probleme wie Umweltzerstörung und soziale Ungerechtigkeit. Welche Verantwortung hat nun aber die heutige Generation für die nächsten Generationen? Müssen wir alle Probleme im Voraus lösen, oder können wir mit dem Wissen und den technologischen Möglichkeiten auch einen Teil der Verantwortung vererben, damit begonnene Arbeiten und Projekte im eigenen Interesse fortgesetzt werden?

Die Fortsetzung der menschlichen Zivilisation und der Schutz der Umwelt und des Klimas sind Teil eines Generationenvertrages. Wenn wir ein System zum Klimaschutz aufbauen, dass nur dann funktioniert, wenn künftige Generationen es fortsetzen, vererben wir zumindest eine Lösungsmöglichkeit, anstatt nur verbrannte Erde zurückzulassen.

Für den Fall, dass künftige Generationen sich nicht mehr an den Generationenvertrag zum Klima halten und das Kohlenstoff-Recycling beenden, verschafft die heutige Anlage einer geologischen C-Senke immerhin die moralische Beruhigung, die eigene Klimaschuld getilgt zu haben. Aber solange nur einige wenige Wohlhabende sich die Anlage geologischer C-Senken leisten können, wird damit nicht das Klimaproblem und nicht der Klimanotstand künftiger Generationen gelöst, sondern nur der Schuldkomplex einiger weniger. Viel wichtiger ist es, robuste Systeme zu entwickeln, die in Zukunft fortgeführt und mit den weiter wachsenden Möglichkeiten beständig verbessert werden. Wenn die künftigen Generationen keinen Klimaschutz betreiben wollen, müssen sie mit dem Klima leben, dass sich einstellen wird. Unsere Verantwortung ist es nicht, Probleme für alle Ewigkeit zu lösen, sondern unseren Anteil dafür zu leisten, dass sich künftige existenzielle Probleme mit

abschbaren Lösungen rechtzeitig beheben lassen.

Die Ende der Förderung fossilen Kohlenstoffs und der gleichzeitige Aufbau einer Industrie des Kohlenstoff-Recyclings bietet die Möglichkeit, das globale Klima durch aktive C-Senken in Gebrauchs- und sonstigen Materialien zu stabilisieren. Natürlich tragen vor allem die letzten beiden Generationen die Schuld am Klimawandel, und natürlich ist es unsere Verantwortung, den Planeten lebenswert zu erhalten. Aber unsere Zivilisation vererbt den kommenden Generationen auch das Wissen, wie ohne Verlust an Lebensqualität der Klimawandel begrenzt werden kann. Die Zinsen für das vererbte Wissen bestehen darin, das Wissen auch zu nutzen.

Je nach der Größe des jährlichen industriellen Kohlenstoffvolumens wird es für die Stabilisierung des Klimas für eine gewisse Zeit auch die zusätzliche Schaffung von geologische C-Senken brauchen. Es ist aber zu erwarten, dass die Mengen im Vergleich zum globalen industriellen Kohlenstoffvolumen relativ klein sein werden, da die globalen, nicht fossilen Kohlenstoffströme wieder zu einem neuen planetaren Gleichgewicht führen werden. Durch DAC und DOC, und das ist das wichtigste Argument, werden Flächenressourcen für neue natürliche Wälder, Feuchtgebiete und Steppen frei, die nicht für Biomasseproduktion intensiviert werden müssen, sondern Kohlenstoff langfristig in lebender Biomasse speichern und aufgrund der zusätzlichen Ökosystemdienstleistungen größeren Wert als unterirdische C-Senken haben.

Der zu erwartende Hauptmarkt für Klimadienstleistungen wird jedenfalls nicht mit geologischen C-Senken, sondern mit der industriellen Nutzung nicht-fossilen Kohlenstoffs aus Biomasse, DAC und DOC entstehen.

*PS: Im Oktober 2023 kündigte die OPEC an, der weltweite Bedarf an Öl werde längerfristig stärker steigen als bislang erwartet: von einem Ölbedarf von rund 102 Millionen Barrel pro Tag auf 116 Millionen Barrel im Jahr 2045.*