

MARKUS PETRUCH | DOMINIK WALCHER

DER STOFF AUS DEM DIE ZUKUNFT IST

101

Produkte aus
erneuerbarem
Kohlenstoff



FBV

© des Titels »Der Stoff, aus dem die Zukunft ist« von Markus Petrich und Dominik Walcher (ISBN 978-3-95972-625-2)
2022 by FinanzBuch Verlag, Münchner Verlagsgruppe GmbH, München
Nähere Informationen unter: <http://www.finanzbuchverlag.de>

EIN PAAR WUNSCHTRÄUME VORWEG

Die schlechte Nachricht: Wir stehen vor gewaltigen Problemen, die wir selbst geschaffen haben. Die gute Nachricht: Alles, was ist, ist einmal geworden. Das heißt, es kann auch wieder anders werden. Die Zukunft entsteht also nicht einfach so, sondern aus den Entscheidungen, die wir heute treffen.

Werfen wir einen Blick in eine mögliche Zukunft:

Wir schreiben das Jahr 2052. Knapp eine Generation ist es her, da stand die Welt an einem gefährlichen Kippunkt. Riesige Mengen an Müll verschmutzten die Ozeane, Mikroplastik fand sich in unseren Lebensmitteln, eine rasch abnehmende Artenvielfalt und eine unaufhaltbar scheinende Klimakatastrophe bedrohten jeden unserer Lebensbereiche. Denkt man an die alten Geschichten aus den 2020er-Jahren zurück, so wird einem bewusst, wie viel sich in den letzten drei Jahrzehnten geändert hat. Europa ist gemäß dem Green Deal klimaneutral geworden. Die Erderwärmung wurde zwar nicht aufgehalten, aber ihre Auswirkungen zumindest stark eingedämmt. Fossile Energieträger werden nicht mehr verbrannt und fossile Materialien nicht mehr hergestellt. Die Materialien, die es noch gibt, zirkulieren auf lange Sicht im Kreislauf der Wiederverwertung. Wir haben das, was längst vergessen schien, wiederentdeckt und neu interpretiert: ein Leben mit dem erneuerbaren Kohlenstoff, den die Natur uns bietet. Statt Erdöl, Gas und Kohle nutzen wir das Holz der Bäume, das Gras der Felder, die Kraft von Mikroorganismen, Pilzen und Enzymen sowie die Energie von Sonne, Wasser und Wind. Das Wort »Müll« ist fast aus dem Sprachgebrauch verschwunden, weil wir erkannt haben, dass Reststoffe wertvolle Grundstoffe und Bestandteil eines Kreislaufs sind – wie in der Natur eben auch.

Vieles von dem, was uns heute so selbstverständlich erscheint, war damals noch unvorstellbar oder eine träumerische Zukunftsvision. Doch vielleicht haben wir auch einfach nicht wahrgenommen, woran damals geforscht wurde, welche Lösungen es bereits gab oder welche Vordenker schon seit Jahren an einer besseren Welt arbeiteten: Wissenschaftler, die neues biologisches Wissen lieferten, Start-ups, die lang vergessene Naturstoffe nutzen, um fossilen Kohlenstoff zu ersetzen, globale Initiativen, die positive Zukunftsentwürfe entwickelten, und auch eine immer größer werdende Gruppe von Menschen, die sich auf die neuen Lebenswelten einließen und sich bewusst wurden, dass sie eine entscheidende Rolle in dem großen Wandlungsprozess spielten. Schritt für Schritt haben wir uns besser in das Gesamtsystem der Natur integriert und dadurch die Welt verändert.

Noch ist dies eine wünschenswerte Vorstellung, nicht die Wirklichkeit – und unsere Einleitung muss daher anders ausfallen. Noch befinden wir uns am Anfang der 2020er-Jahre und die Menschheit hat den epochalen Wandel noch vor sich, der darüber entscheiden wird, wie die nachfolgenden Generationen leben werden. Aber klar ist: Die Zukunft wird im Hier und Jetzt gestaltet, und zwar von uns allen gemeinsam. Was wir heute tun oder lassen, wird darüber entscheiden, wie wir morgen leben werden.

Ein Baustein für eine nachhaltige Zukunft

Bei der Bioökonomie geht es um die Abkehr von fossilen Rohstoffen zugunsten einer Wirtschaftsweise, die nachwachsende Rohstoffe und biologische Prozesse einsetzt. Sie ist ein wichtiger Baustein für eine nachhaltige Zukunft, aber kein völlig neues Konzept. Im Prinzip hat die Menschheit schon immer die biologischen Ressourcen und erneuerbaren Energien genutzt, die regional verfügbar waren: Holz war Baumaterial, mit Stroh wurden Wände gedämmt, Schafe lieferten Wolle für Kleidung, Weidenruten wurden zu Körben geflochten, Hefepilze fermentierten die Gerstenmaische zu Bier, Wind und Wasser trieben Mühlen an und die Energie der Sonne sorgte für Wärme.

Jedoch haben wir vor rund 150 Jahren genau diese Lebensweise immer mehr aufgegeben und einen gefährlichen Weg eingeschlagen: Statt weiterhin den erneuerbaren Kohlenstoff an der Erdoberfläche aus nachwachsenden Quellen zu nutzen,

fingen wir an, den fossilen Kohlenstoff, der in den Tiefen der Erde schlummerte, zutage zu fördern und zu verbrauchen. Diese heiße Affäre mit dem schwarzen Gold war unglaublich verführerisch, denn Kohle, Öl und Gas lieferten einerseits hochenergiereiche Brennstoffe und andererseits vielseitige Ausgangsstoffe für den von uns so ersehnten Fortschritt. Erdölbasierte Kunststoffe haben unsere Welt wasserdicht, beständig und leicht gemacht. Kraftstoffe wie Benzin, Diesel und Kerosin ermöglichten das Zeitalter der Massenmobilität. Es gab kaum ein Problem, das sich nicht mit dem Kohlenstoff aus der Erde lösen ließ.

Nun sind wir an einem Punkt, an dem sich die heiße Affäre mit den fossilen Rohstoffen in eine toxische Beziehung verwandelt hat. Viele Kunststoffe bauen sich nämlich erst nach Hunderten von Jahren ab. Einige geben giftige Stoffe in die Umwelt ab oder zerfallen zu Mikroplastik, das wiederum in unserer Nahrungskette landet. Die Lebensdauer von Brennstoffen und Produkten aus Erdöl, Gas und Kohle steht in keinem gesunden Verhältnis zu den Millionen von Jahren, die für ihre Entstehung nötig waren. Als kurzlebige Verpackung, die in der Müllverbrennung landet, oder schnell verheiztes Benzin wird fossiler Kohlenstoff innerhalb weniger Monate oder Wochen in Form von CO₂ in die Atmosphäre geblasen. Gemeinsam mit anderen Treibhausgasen hindern diese CO₂-Partikel die auf die Erde treffende Sonnenenergie daran, wieder in den Weltraum zu entweichen, und verstärken so den Treibhauseffekt, der die Erde weiter aufheizt. Kurz gesagt: Das Kohlenstoffgleichgewicht zwischen Wasser, Land und Luft ist massiv gestört.

Es ist also allerhöchste Zeit, dass wir ablassen von der fossilen Liebschaft aus den Tiefen der Erde, die unseren Planeten weiter erhitzt. Der fossile Kohlenstoff muss im Boden verbleiben, wenn wir die Ziele aus dem Pariser Klimaabkommen erreichen wollen. Vielen Menschen ist das bereits klar. Die Botschaft »Our house is on fire« ist zumindest bei den allermeisten angekommen. Auch weil wir die Auswirkungen des Klimawandels mehr und mehr zu spüren bekommen, sei es durch Starkregenereignisse und Flutkatastrophen oder sommerliche Dürren, die Ernteauffälle bedingen, ganze Flüsse austrocknen lassen und zahlreiche Hitzetote verursachen. Wir wissen, dass es beim Klimawandel nicht nur um die Eisbären in der Arktis geht, sondern um unsere Existenzgrundlage. Die alles entscheidenden Fragen sind, wie wir mit dieser Erkenntnis umgehen und welche systematischen Veränderungen wir daraus ableiten.

Eine Möglichkeit besteht in einem radikalen Wandel hin zu einer Wirtschaft, die biologische Rohstoffe und Verfahren nutzt. Denn sie basieren auf dem

Kohlenstoff, der an der Erdoberfläche zirkuliert. Pflanzen, als wichtigste Vertreter dieser biologischen Rohstoffe, verursachen kein CO₂ während ihrer Herstellung, sondern filtern es aus der Luft und speichern es in ihrer Struktur ein. Für ihre Entstehung sind weder energiehungrige Fabriken noch Hochöfen nötig. Sie wachsen von selbst und stellen dabei die vielfältigsten organischen Moleküle her, die wir Menschen nutzen können. Die Energie, die sie dafür benötigen stammt letztendlich von der Sonne.

Dieser Wirtschaftswandel führt uns zurück in eine Zeit ohne fossile Energien und Materialien, in der die Natur um uns herum alles bot, was wir zum Leben brauchten. Diese Rückbesinnung wird dabei alles andere als ein Rückschritt sein. Ganz im Gegenteil: Der Weg hin zu einer nachhaltigen Bioökonomie wird Innovationen, Arbeitsplätze und umweltfreundlichere Technologien schaffen. Ein wachsendes naturwissenschaftliches Verständnis hilft uns dabei, die Mechanismen der Natur besser zu verstehen. Wichtig dabei ist, statt dem technischen Tunnelblick, der nur die abgekapselte Innovation sieht, das gesamte Ökosystem wahrzunehmen – auch die Effekte, die unser Handeln darauf hat. Denn zum Wandel gehören einerseits Wissen, Ingenieurskunst und Kreativität und andererseits die Verantwortung für unser Tun. Nur wenn beides zusammenkommt, können wir die neuen alten Bausteine der Welt schonend und nachhaltig einsetzen, sodass die Regenerationsfähigkeit natürlicher Systeme nicht überschritten wird.

Dieses Buch erzählt von diesen neuen alten Bausteinen, die unser Leben verändern werden. Statt grauer Theorie und wissenschaftlichem Diskurs soll hier aber die bunte und vor allem angewandte Vielfalt dieser Bausteine erfahrbar gemacht werden. Anhand von 101 Beispielen stellen wir dar, wie der Weg aussehen kann, der uns – nicht auf energetischer, sondern auf stofflicher Ebene – Schritt für Schritt aus dem fossilen Zeitalter führt. Es ist eine Zusammenstellung von Inspirationen, die zeigt, was entstehen kann, wenn die Genialität der Natur auf die Kreativität des Menschen trifft: innovative Produkte, kühne Prototypen und visionäre Projekte, die alle den Weg in ein regeneratives biologisches Zeitalter, ein »Biozän« ebnen. Manche davon interpretieren alte Traditionen neu oder nutzen bewährte Rohstoffe der Natur. Andere setzen auf hochmoderne biotechnologische Verfahren und neu gewonnenes Wissen.

Nicht alles davon ist zum jetzigen Zeitpunkt bereits voll ausgereift, nicht alles ist komplett frei von fossilen Stoffen oder Energie. Aber alle Beispiele sind Teil einer Entwicklung, die das, was die Natur über Millionen von Jahren dank intelligenter Evolution immer weiter perfektioniert hat, besser einsetzen und in

Kreisläufen halten will: Bäume, Gräser, Algen, Pilze, Insekten, Bakterien und Enzyme – sie alle bestehen aus erneuerbarem Kohlenstoff, den wir nun wieder zu nutzen verstehen.

Wie dieses Buch entstanden ist

Dass unter den Beispielen auch Forschungsprojekte und Designexperimente zu finden sind, ist kein Zufall. Einerseits zeigen diese mutigen Prototypen viel weiter in die Zukunft als voll entwickelte, marktfähige Produkte. Andererseits arbeiten und forschen wir Autoren an einem Hochschulcampus, der zwei Schwerpunkte miteinander verbindet: die biobasierte Materialforschung sowie nachhaltiges Design. Wir stellen zunehmend fest, dass die junge Generation von Studierenden bestens über ökologische Krisen informiert ist. Statt endlosem Problemdiskurs fordern sie inspirierende Lösungsbeispiele und praktikable Werkzeuge, mit denen sie ihren Beitrag zur Bewältigung dieser Krisen leisten können.

Ursprünglich wollten wir deshalb unseren Studierenden ein Skript bereitstellen, das ein Licht auf die »Bioniere« wirft, die mit Materialien aus erneuerbarem Kohlenstoff experimentieren, Neuland erkunden und Alternativen erarbeiten. Eine inspirierende Sammlung von Menschen die sich – ebenso wie wir an unserem kleinen Campus in Österreich – mit dem Stoff der Zukunft auseinandersetzen und ihr Wissen anwenden, sei es im Bereich des Designs oder der nachwachsenden Rohstoffe.

Aus dem Skript ist nun ein Buch geworden, auch weil wir feststellten, dass das Konzept der Bioökonomie bei der Allgemeinheit noch nicht so bekannt ist, wie es sein sollte. Viele Leute wissen mittlerweile, dass nachwachsende Rohstoffe als Energieträger eingesetzt werden können. Doch dass sie unsere Materialwelt revolutionieren oder dass Bakterien und Pilze große Industrieprozesse nachhaltiger gestalten könnten, ist weitgehend unbekannt. Und von »Bioökonomie« haben noch die wenigsten etwas gehört.

Unsere Wunschvorstellung ist, dass die Beschäftigung mit den ausgewählten Beispielen und den zugrunde liegenden Rohstoffen das Bewusstsein dafür schärft, dass Dinge nicht einfach aus dem Nichts entstehen. So wie Strom sich nicht wundersamerweise innerhalb der Steckdose entwickelt oder Wasser sich nicht urplötzlich im Wasserhahn bildet, kommen die Produkte, mit denen wir tagtäglich leben, nicht einfach aus dem Supermarktregal oder vom Onlineversand. Ihrem

Entstehen gehen komplizierte Produktionsprozesse und lange Lieferketten voran, nicht zu vergessen die Förderung, der Anbau oder die Aufbereitung der notwendigen Rohstoffe. Wie fragil diese Wertschöpfungsketten sind, haben wir – wenn auch nur ansatzweise – in der Corona-Pandemie zu spüren bekommen.

Eine erstrebenswerte Zeiten- und Materialwende

Nicht erst mit dem Krieg in der Ukraine ist unsere Welt aus den Fugen geraten, sondern schon seit Jahren befinden wir uns in einer Art Dauerkrise aus Klimawandel, Artensterben, Ressourcenknappheit und ökologischer Zerstörung. Das Wort »Zeitenwende« trifft also nicht nur auf unsere Sicherheitslage zu. Dementsprechend müssen auch die Entscheidungen anders getroffen werden, die alles Menschengemachte betreffen. Dafür braucht es jetzt »Bioniere«, die im Bereich der Materialien und des Designs neue Wege gehen, um unsere Welt zukunftsfähiger zu gestalten. Es braucht aber auch Entscheidungsträger, die dafür die entsprechenden Rahmenbedingungen setzen. Und es braucht Nutzer, die bereit sind, sich auf kreislauffähige, biobasierte Produkte und Konzepte einzulassen.

Diese »Materialwende« muss aber zuerst in unseren Köpfen passieren. In uns muss das Bewusstsein wachsen, dass der Ausstieg aus den fossilen Rohstoffen sich nicht nur auf unsere Energieversorgung bezieht, sondern auch auf die Kleidung, die wir tragen, oder auf das Haus, in dem wir wohnen.

Grünes Wachstum in einer endlichen Welt?

Frei von Herausforderungen ist die Bioökonomie jedoch nicht und sollte daher auch nicht vorbehaltlos bejubelt, sondern durchaus kritisch hinterfragt werden. Fakt ist: Ein Umschwenken auf erneuerbaren Kohlenstoff allein wird den Klimawandel nicht aufhalten und unseren Planeten nicht retten. Für eine gesamtgesellschaftliche und wirtschaftliche Transformation braucht es weitere Teile, die das Puzzle ergänzen, etwa eine radikale Änderung unseres Konsumverhaltens, eine bessere Kreislaufführung unserer Ressourcen, den zügigen Ausbau erneuerbarer Energien, neue Mobilitäts- und Arbeitskonzepte, den Schutz der Biodiversität, eine Hinwendung zum Gemeinwohl als Messgröße von Lebensqualität und ein neues Selbstverständnis vom Menschen als Teil der Natur. Und auch das Konzept

des ständigen Wachstums, das noch aus der industriellen Revolution stammt, sollte neu bewertet werden, denn mit Wirtschaftswachstum geht immer auch ein steigender Ressourcenverbrauch einher – und gerade dort sind wir schon weit über das naturverträgliche Limit hinaus. Wenn wir dies nicht beherzigen, verkommt der Naturraum zum biobasierten Rohstoffbuffet für ein nie zu stillendes industrielles Wachstum und unsere Konsumkultur des Überflusses wird weiterhin nicht infrage gestellt.

Die Beispiele, die wir Ihnen in diesem Buch vorstellen, sind ebenfalls keine Allheilmittel. Unsere Sammlung stellt keinen Produktkatalog dar, mit dessen Hilfe ein grünes Gewissen erkaufte werden kann – ebenso wenig, wie das allein durch den Tausch von Verbrenner gegen E-Auto möglich wäre. Dennoch sind sie Teil eines erstrebenswerten Wandels und zeigen Möglichkeiten auf. Denn auch wenn wir uns wünschen würden, dass alle bestehenden Dinge perfekt recycelt und unser Einwegkonsum sich von heute auf morgen radikal ändern würde, sieht die Realität anders aus. Auch in Zukunft werden wir unsere Welt mit Materialien ausstatten und gestalten, und mit einer zunehmenden Weltbevölkerung und steigenden Lebensstandards wird auch die Ressourcenfrage jeden Tag dringender.

Auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Lebensweise

Don Huberts, ehemaliger CEO der Abteilung Wasserstofftechnologien beim Ölriesen Shell, sagte kurz vor der Jahrtausendwende: »Die Steinzeit ist nicht wegen einem Mangel an Steinen zu Ende gegangen. Ebenso wenig wird das Ölzeitalter wegen einem Mangel an Öl enden.«¹ Das fossile Zeitalter endet, weil wir bessere Alternativen haben. Bei kohlenstoffbasierten Materialien haben wir die Wahl, ob wir den Kohlenstoff aus fossilen oder erneuerbaren Quellen nehmen und ob wir ihn wiederverwenden oder nicht. Die Rückbesinnung auf die Fähigkeiten der Natur und der verantwortungsvolle Umgang mit ihr können zu einer nachhaltigeren Lebensweise beitragen. Die Nutzung von regionalen Ressourcen stärkt die ländlichen Räume und macht uns als Wirtschaft und Gesellschaft zudem resilienter gegenüber Krisen.

Dazu muss aber das Bewusstsein für biobasierte Lösungen und die Diskussion darüber, wie wir unsere Naturräume nutzen wollen, in die Mitte der Gesellschaft rücken. Je bekannter das Thema Bioökonomie ist, je mehr von der erstrebenswerten Materialwende die Rede ist und je präsenter die Alternativen zu erdölbasierten

Produkten sind, umso mehr Menschen wird bewusst, dass sie tatsächlich eine Wahl haben. Je mehr Menschen Teil der Veränderung sind, desto größer und schneller wird die Dynamik der Transformation. Womöglich finden wir auch durch die Achtsamkeit dafür, woher unsere Rohstoffe stammen, ein neues, gesünderes Verhältnis zur Natur, dessen verletzlicher Teil wir letztlich sind.

Neben Erdöl, Gas und Kohle gibt es eine weitere nicht erneuerbare Ressource, die für die kommenden Jahre entscheidend sein wird: die Zeit. Viel davon haben wir nicht, wenn wir bis 2050 klimaneutral sein wollen. Es wäre jedoch der falsche Weg, angesichts der Herausforderungen in Schwermut zu verfallen und die Hände in den Schoß zu legen oder düstere Untergangsszenarien zu propagieren. Wir brauchen stattdessen attraktive und klimaverträgliche Lösungen, die Optimismus entfachen, die Lust machen auf ein gutes Morgen. Denn nur mit einer positiven Vision können wir gemeinsam eine lebenswerte Welt gestalten. Die Beispiele aus diesem Buch sollen begeistern für das, was bereits da ist, und Mut machen, für das, was kommt. Zukunft braucht Zuversicht! Und Optimismus ist – ebenso wie der Kohlenstoff – eine erneuerbare Ressource.

TEIL 1

MENSCHEN UND MATERIAL

WILLKOMMEN IM ANTHROPOZÄN

Wie keine andere Spezies je zuvor hinterlassen wir »Gebrauchsspuren« an unserem Planeten. Die Einflüsse des Menschen auf die Erde sind gewaltig.

Laut einer Studie, die Ende 2020 in der Fachzeitschrift *Nature* erschien,² ist die Masse von allem Menschgemachten – also vom Wolkenkratzer über Straßen, Häuser, Möbel bis zum Smartphone – ebenso groß wie die Masse aller Lebewesen. Während die Biomasse, also das Gewicht aller Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen, über die letzten Jahrtausende nahezu konstant geblieben ist, hat sich die Masse des künstlich von Menschen geschaffenen Materials im vergangenen Jahrhundert alle 20 Jahre verdoppelt – ein exponentielles Wachstum.

Die Menschheit selbst macht nur 0,01 Prozent der Biomasse aus, treibt aber mittels Technologie rapide den fragwürdigen Wandel des Planeten voran. Für jeden von uns knapp 8 Milliarden Erdenbewohnern wird innerhalb einer Woche neues Material geschaffen, das in etwa unserem Körpergewicht entspricht. Um diese vom Menschen geschaffene Welt aus Häusern, Autos, Möbeln, Verpackungen, Smartphones und vielem mehr zu bauen, müssen enorme Rohstoffmassen auf dem Planeten bewegt, verändert und bearbeitet werden. Der Mensch ist damit vom einfachen Bewohner dieses Planeten zu seinem Gestalter geworden: Wir verändern Ökosysteme, regulieren Flussläufe und prägen ganze Landschaftsbilder. Zum ersten Mal in den 4,6 Milliarden Jahren Erdgeschichte ist nicht mehr die Natur, sondern eine einzige Spezies der zentrale Einflussfaktor auf biologische, geologische und atmosphärische Prozesse geworden.

Dieser Aufstieg des *Homo sapiens* von einem selbstgenügsamen Jäger und Sammler hin zur dominantesten Spezies der Welt ging rasant vonstatten. Zwar war der Mensch schon seit Beginn der Neolithischen Revolution vor etwa 12.000 Jahren ein Gestalter von Kulturlandschaften, auf denen Ackerbau betrieben wurde, aber die richtig große Transformation von Rohstoffen in nutzbare Materialien und Energie fand erst mit der fortschreitenden Industrialisierung statt, also um 1850 herum. Dabei entstanden weltumspannende Materialströme, die immer mehr Erdbewohner mit immer mehr Gütern versorgten.

Die Welt ist nicht genug

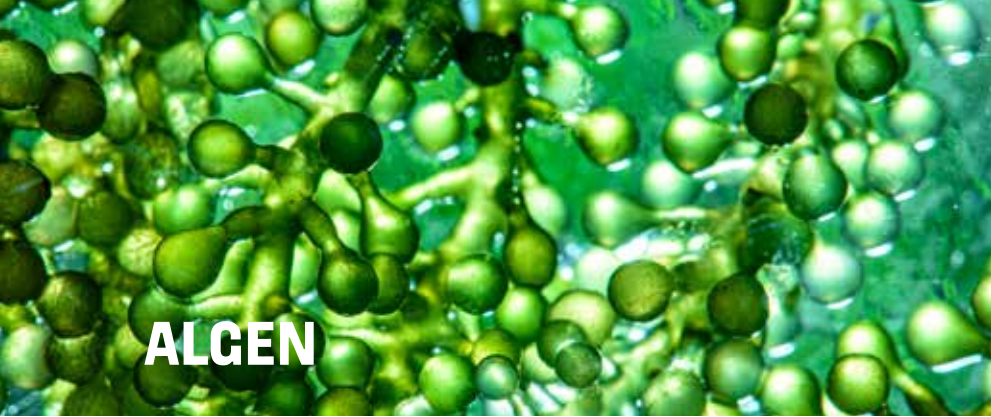
Der Meteorologe und Chemie-Nobelpreisträger Paul J. Crutzen schlug sogar für diese durch den Menschen geprägte Epoche ein eigenes Erdzeitalter vor: das Anthropozän (griech. *ánthropos* = der aufrecht schreitende Mensch). Der Begriff soll in der Geochronologie, also der Lehre der Erdzeitalter, das bisherige Holozän, ablösen. Im Jahr 2016 legte eine Arbeitsgruppe aus Geologen den Beginn des neuen Zeitalters auf das Jahr 1950 fest. »The Great Acceleration« – die große Beschleunigung – nennt sich diese Zeit, in der wir uns immer noch befinden und in der der Wandel von Tag zu Tag schneller zu gehen scheint. Es war der Anfang eines exponentiellen Bevölkerungsanstiegs, verbunden mit einem ebenso beeindruckenden Wirtschaftswachstum, entfesselt durch den steigenden Verbrauch fossiler Energie. Gleichzeitig stiegen der Einsatz von Kunstdünger in der Landwirtschaft, der CO₂-Wert der Atmosphäre, das Ausmaß an Bodenerosion, der Verlust von Artenvielfalt und man begann oberirdische Atombombentests durchzuführen. Zusammen mit der gigantischen gebauten Infrastruktur stellt dies einen unübersehbaren Einschnitt in der Geschichte des Planeten dar, der für lange Zeit in der Geologie des Bodens nachweisbar sein wird.

Es ist nun an der Zeit, sich bewusst zu werden, dass jeder Mensch auch einen großen materiellen Fußabdruck hat, der eng mit dem CO₂-Fußabdruck verknüpft ist und unseren Hunger auf Ressourcen widerspiegelt. Denn seit den 1970er-Jahren hat sich der globale Abbau von Metallen, nichtmetallischen Mineralien, fossilen Rohstoffen und Biomasse vervierfacht,³ und wenn alle Erdenbürger so verschwenderisch leben würden wie wir Europäer, benötigten wir 2,8 Erden, um unseren Ressourcenverbrauch zu decken.⁴ Hier ist es ähnlich wie mit dem CO₂-Ausstoß: Die reichsten Länder haben einen wesentlich größeren Materialfußabdruck als ärmere Staaten.

Angesichts der Milliarden Jahre Erdgeschichte ist der kurze Zeitraum, in dem der Mensch auf globaler Ebene aktiv seine Umwelt gestaltet, kürzer als ein Wimpernschlag. Dennoch sind dies die Schicksalsjahre unserer Spezies, in denen sich entscheidet, ob und wie wir in Zukunft auf dem »Raumschiff Erde« mit seinen fragilen Ökosystemen leben werden. Vor diesem Hintergrund ist es nicht nur entscheidend zu betrachten, zu welchem Maß wir unsere begrenzten Ressourcen nutzen wollen, sondern auch aus welchen Quellen sie stammen sollten: Nachwachsend oder fossil? Erneuerbar oder nicht erneuerbar?

TEIL 2

**101
PRODUKTE**



ALGEN

Sie machen nicht nur das Wasser grün und halten unser Sushi zusammen, sondern haben eine ganz besondere Eigenschaft, die sie mit Pflanzen an Land teilen: Algen können die Kraft der Sonne nutzen und Photosynthese betreiben. Dadurch zählen sie zu den Primärproduzenten von Biomasse und dienen anderen Lebewesen als Nahrung. Die glibberigen Wasserpflanzen sind aber auch vielseitige Alleskönner der Bioökonomie und in der Lage, erdölbasierte Rohstoffe in vielen Bereichen zu ersetzen, denn: Erdöl ist nichts anderes als vor Urzeiten konservierte Algenmasse.

Unsere Reise durch die nachwachsenden Rohstoffe ausgerechnet bei den Algen zu starten, ergibt durchaus Sinn, schließlich gehören einige Algenarten zu den ältesten Lebensformen auf der Erde und haben durch ihre Sauerstoffproduktion dazu beigetragen, eine lebensfreundliche Erdatmosphäre zu schaffen. Wir haben ihnen also viel zu verdanken – und sie können uns auch in Zukunft wichtige Dienste leisten, selbst wenn die meisten sie bislang eher als Algensalat vom Japaner kennen.

Algen können nach ihrer Größe in Mikro- und Makroalgen unterschieden werden. Zu den Makroalgen zählt zum Beispiel Seetang, der bis zu 50 Meter lang werden und in großen Verbänden oder ganzen Unterwasserwäldern vorkommen kann. Winzig klein hingegen und mit dem bloßen Auge kaum zu erkennen sind die Mikroalgen, die mit anderen Kleinstlebewesen im Wasser treiben und anderen Wasserbewohnern als Nahrung dienen.

Algen finden sich aber nicht nur im kühlen Nass, wenn auch in weitaus geringerem Umfang: So gibt es Luftalgen, die auf Bäumen oder Felsen wachsen, Bodenalgen sowie Schneeralgen, die man vom Phänomen des rot gefärbten »Blutschnees« kennt. Sogar im Fell von Faultieren kommen fettreiche Algen vor, die dem Tier

einerseits als Zusatznahrung dienen und ihm besonders zur Regenzeit eine grünliche Tarnfarbe verpassen, sodass es für Feinde schwerer zu sehen ist.²⁹

Klimahelden aus dem Ozean

Atmen wir doch einfach mal ein: Etwa die Hälfte des Sauerstoffs in unseren Lungen wurde von Algen produziert. Ohne Mikroalgen würde uns also die Luft ausgehen. Sie schweben in Gewässern an der Oberfläche und wandeln mittels Photosynthese CO₂ aus der Atmosphäre in Sauerstoff um. Die Kohlenstoffatome aus den CO₂-Molekülen werden in ihrer Masse eingebaut. Als globaler Sauerstoffproduzent sind die winzigen Klimahelden aus dem Meer damit mindestens so wichtig wie unsere Wälder. Schätzungen gehen davon aus, dass etwa 50 bis 80 Prozent unseres Sauerstoffs in den Meeren produziert werden.³⁰ Die Menge macht's, denn 71 Prozent unseres blauen Planeten sind von Wasser bedeckt,³¹ und von den tropischen Meeren bis zu den arktischen und antarktischen Eisschilden finden sich Mikroalgen, die zusammen mit anderem Phytoplankton (griech. *phyto* für Pflanze, und *planktón* für »das Umherirrende«) an der Meeresoberfläche treiben und Photosynthese betreiben. Ein Teil des produzierten Sauerstoffs gelangt wieder in die Atmosphäre, der Rest reichert das Wasser an und wird dort von anderen Meeresbewohnern, zum Beispiel Fischen, gefressen.

Ähnlich wie die Wälder sind auch die Algen in ihrer Rolle als Kohlenstoffspeicher von globaler Bedeutung: Man schätzt, dass sie der Erdatmosphäre pro Jahr 45 bis 50 Milliarden Tonnen Kohlenstoff entziehen und in ihrer Biomasse speichern – das ist in etwa so viel, wie alle Landpflanzen zusammen jährlich an CO₂ binden.³² Ein winziger Organismus sticht dabei besonders heraus: Der einzellige Prochlorococcus, der zwar als Blaualge bezeichnet wird, streng genommen aber zu den Bakterien gehört.

Gemeinsam mit anderen (Ur-)Algenarten waren diese winzigen Meeresbewohner vor etwa 2,3 Milliarden Jahren dafür verantwortlich, dass eine sauerstoffhaltige Atmosphäre entstand, die unseren Planeten erst bewohnbar machte.³³ Während dieser sogenannten Großen Sauerstoffkatastrophe stieg die Sauerstoffkonzentration der Luft stark an und löschte damit die Mehrzahl der Organismen aus, für die Sauerstoff giftig war. Dies war ein entscheidender Schritt in der Evolutionsgeschichte: Er ermöglichte die Bildung komplexerer Lebensformen, die einen leistungsfähigen Energiestoffwechsel basierend auf Sauerstoff nutzten. Als

»Klimawandler« haben die Algen also schon einmal unsere Erde transformiert – und sie könnten heute wieder dazu beitragen.

Wenn die Mikroalgen nicht von anderen Meeresbewohnern gefressen oder von Bakterien zersetzt werden, sinkt dieses Phytoplankton als »Meeresschnee« nach dem Absterben auf den Meeresboden ab. Sauerstoffarm abgeschlossen, bilden sich daraus über den Lauf der Zeit Sedimentschichten, die sich überlagern und tiefer in die Erde wandern, wo sie großem Druck und hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Die Biomasse der Algen wird über Hunderttausende und Millionen von Jahren umgewandelt und in verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen zersetzt, die wir heute vor allem als Erdöl oder Erdgas nutzen. Jedes Jahr befördert diese »biologische Meerespumpe« etwa 10 Milliarden Tonnen Kohlenstoff in die Tiefen des Ozeans.³⁴

Schnell wachsende Biomasse

Ein riesiger Vorteil von Algen ist ihr schnelles und effizientes Wachstum. Ihre Photosyntheseleistung ist zudem höher als die der effizientesten Pflanzen und sie können auf gleicher Fläche etwa fünfmal mehr Biomasse liefern.³⁵ Hinzu kommt, dass statt Blättern, Blüten, Stängeln und Wurzeln wie bei Landpflanzen die Biomasse der Algen weitaus weniger komplex und somit besser für die Weiterverarbeitung geeignet ist. Dabei sind Algen eher anspruchslos, was ihre Lebensbedingungen angeht. Sie brauchen zum Wachsen nicht mehr als Wasser, Sonnenlicht, Zugang zu CO₂ und einige grundlegende Mineralien wie Phosphor, Stickstoff und Eisen. Sie können zudem direkt in natürlichen Gewässern angebaut werden. Dies bringt weitere Vorzüge mit sich: Zum einen können Landnutzungskonflikte in Bezug auf die Produktion von Nahrung, Tierfutter, Materialien oder Kraftstoffen entschärft werden, da die Anbauflächen von Algen nicht mit denen von Landpflanzen konkurrieren. Zum anderen trägt der Algenanbau in Küstenregionen zu einer alternativen Einkommensquelle der Küstenbewohner bei und kann damit der Überfischung entgegenwirken.

Vielversprechend ist der Anbau von Algen in speziellen Zuchtanlagen an Land auf Flächen, die nicht für die Lebensmittelproduktion infrage kommen: Entweder in offenen Becken oder geschlossenen Bioreaktoren können auf wenig Raum und mit geringem Wasserverbrauch verschiedene Algenarten kultiviert werden. Als »Algenfutter« kann auch CO₂ aus industriellen Abgasen genutzt werden, was

diese Emissionen in der Biomasse bindet. Ebenso kann industrielles Abwasser den Algen als Medium dienen, das aufgrund seiner Verschmutzung nicht für die Bewässerung von Pflanzen geeignet ist. Für Algen sind Nitrate, Ammoniak- oder Phosphorverbindungen aus dem Abwasser sogar perfekte Nährstoffquellen.

Global betrachtet schreitet die industrielle Produktion von Algen immer weiter voran: Von 1990 bis 2020 hat sich ihre weltweite Produktion von 4,2 Millionen auf über 35 Millionen Tonnen mehr als versiebenfacht.³⁶

Grüne Revolution aus dem Wasser

Die Anwendungsbereiche, für die wir heute oder in naher Zukunft Algen einsetzen können, sind vielfältig. Mit ihrem komplexen Nährstoffprofil und einem hohen Anteil an Omega-3-Fettsäuren könnten die Meerespflanzen in Zukunft dazu beitragen, die Nahrungsmittelversorgung zu unterstützen, und nährstoffreiche Nebenprodukte aus der Algenproduktion könnten als tierisches Futtermittel verwendet werden. Doch auch abseits des Lebensmittelbereichs gibt es Verwendungsmöglichkeiten: In der Medizintechnik werden die meist aus Braunalgen gewonnene Alginsäure und deren Salze (Alginat) als Wundauflage eingesetzt, da sie die Haut feucht halten und den Heilungsprozess unterstützen. Auch als biobasierte »Verpackung« von implantierten Zellen wird Alginat eingesetzt, da es nicht vom menschlichen Körper abgebaut wird. Als Farbstofflieferanten waren Algen schon in der Antike begehrt und könnten es bald wieder werden. Zwar enthalten sie grundsätzlich durch das Chlorophyll einen grünen Farbstoff, oftmals wird dieser aber durch andere Pigmente überlagert. So gibt es Rot-, Braun- sowie Blaualgen und sogar Arten, die durch bestimmte Enzymreaktionen, ausgelöst zum Beispiel durch einen starken Wellengang, leuchten können.

In der Phykologie, der Wissenschaft der Algen, wird es in Zukunft viel zu tun geben. Nicht nur weil erst circa 44.000 der geschätzten 400.000 Algenarten wissenschaftlich beschrieben worden sind,³⁷ sondern auch weil sie zunehmend als Kohlenstofflieferanten für die stoffliche Verwendung in Betracht gezogen werden. Da Erdöl nichts anderes ist als vor Urzeiten konservierte und umgewandelte Biomasse von Mikroalgen, sind Algen prädestiniert für die industrielle Herstellung von Biokunststoffen und anderen Produkten, die wir bisher nur aus der Erdölchemie kannten. Ihr Potenzial ist riesig und wir stehen erst am Anfang der Entwicklung. Die folgenden Beispiele lassen erahnen, wohin diese Reise gehen kann.

1 WINDELN AUS KNOTENTANG

Diese wiederverwendbaren Windeln aus Zellulose und Algen vereinen grüne und blaue Bioökonomie miteinander.

Wer Kinder hat, weiß, dass bei der Verwendung von Einwegwindeln ganz schöne Müllberge entstehen können. Bis ein Kind »trocken« ist, verbraucht es rund 6.000 Windeln – dadurch entsteht etwa eine Tonne Restmüll.³⁸ Ein einziger Geburtenjahrgang in Deutschland benötigt rund 1,3 Milliarden Winden,³⁹ die entsorgt werden müssen und ihr Recycling ist wegen dem mehrlagigen Aufbau aus Zellulosefasern und Plastik sowie der Verschmutzung nicht gerade einfach. Mehrwegwindeln bieten hier also ein enormes Potenzial zur Schonung von Ressourcen.

Die Designerin Luisa Kahlfeldt hat in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Textil- und Faserforschung und dem Unternehmen Schoeller Textil eine Alternative zur Wegwerfwindel entwickelt. Grundstoff dafür ist SeaCell, eine saugfähige und antibakterielle Zellulosefaser aus Rotbuche und getrockneten und gemahlenden Algen. Somit kann der Stoff als Mischung aus blauer (aus Meeresressourcen gewonnen) und grüner (aus Landressourcen gewonnen) Bioökonomie gelten. Die Algenart, die für den Stoff verwendet wird, ist Knotentang. Diese Braunalge aus den Fjorden Islands ist reich an Vitalstoffen, die durch die natürliche Hautfeuchtigkeit aktiviert werden und Juckreiz mildern.

Dank der besonderen Stricktechnik sind die Windeln auch ohne zusätzliche Kunstfasern sehr elastisch. Statt mit Klettverschlüssen, die das Recycling komplizierter machen würden, werden sie mit einem Stoffband verschlossen. Wie andere Mehrwegwindeln kann die SumoDiaper nach dem Gebrauch gewaschen und wiederverwendet werden.



sumodiaper.com



2 DÄMMUNG AUS SEEGRAS

Seegraswiesen sind Meister der CO₂-Speicherung, sie sind dabei bis zu 15-mal so effektiv wie die gleiche Fläche tropischer Regenwald. Als abgestorbene Seegrasbälle ist Seegras zudem ein perfektes Dämmmaterial.

Als Professor Richard Meier und seine Frau am Strand der spanischen Costa Blanca saßen und auf besseren Wind zum Kitesurfen warteten, bewarfen sie sich aus Spaß mit den Bällen, die in der Nacht an Land gespült worden waren. Als sie zufällig feststellten, dass das Material nicht brennbar war, kam Prof. Maier auf eine Idee: Könnten die Seegrasbälle womöglich als neuartiges Dämmmaterial beim Hausbau eingesetzt werden?

Nach Tests mit dem Fraunhofer Institut stellte sich heraus, dass die Überreste des Neptungrases (*Posidonia oceanica*) sich in der Tat perfekt für diesen Zweck eignen. Dank der schlechten Brennbarkeit, der guten Wärmeisolation und dem von Natur aus vorhandenen Schimmelschutz kann das Material sogar komplett unbehandelt als Dämmung in die Gebäudehülle geschüttet oder gestopft werden. Da die Fasern sehr stabil sind, kann die Dämmung sogar wiederverwendet oder nach der Nutzung im Gebäude zur Auflockerung des Bodens unter die Erde gepflügt werden.

Bevor sie eingesetzt werden können, müssen die Seegrasbälle zwar noch von Sandresten gereinigt werden, aber alles in allem sind sie der mit Abstand am wenigsten energie- und CO₂-intensive Dämmstoff: Für die Beschaffung und Herstellung wird bis zu 30-mal weniger Energie benötigt als für Glas- oder Steinwolle oder erdölbasierte Schäume. Die Bälle werden von Hand an den Mittelmeerküsten aufgesammelt, was vor Ort Arbeitsplätze schafft, und per Schiff oder Zug nach Deutschland transportiert.

Dieses und andere nachwachsende Naturmaterialien wie Hanf, Stroh, Holzfasern, Zellulose, Schilf oder Schafwolle können dazu beitragen, den Markt der Dämmstoffe im Baugewerbe nachhaltiger zu machen. Denn derzeit sind am deutschen Markt über 90 Prozent aller verwendeten Dämmstoffe auf mineralischer Basis (Glas- und Steinwolle) oder erdölbasiert (Polyurethan und Polystyrol).⁴⁰



neptugmbh.de



3 VERPACKUNG AUS SEETANG

Innovation entsteht oftmals einfach nur durch einen Kontextwechsel: In diesem Fall wurde eine Idee aus der modernen Küche auf die Verpackungstechnologie übertragen.

Das britische Start-up Notpla ließ sich bei der Entwicklung von Lebensmittelverpackungen von der Molekularküche inspirieren. In dieser vom katalanischen Starkoch Ferran Adriá mitbegründeten Kochkunst werden Erkenntnisse aus der Biochemie, Physik und Lebensmitteltechnologie kombiniert. So werden beispielsweise essbare Membranen mit flüssigen Köstlichkeiten gefüllt, die im Mund schmelzen und den Geschmack freigeben – ein vollkommen neues kulinarisches Erlebnis.

Notpla hat nach ähnlichem Prinzip transparente, gelartige Hüllen aus Alginat und anderen Pflanzenstoffen entwickelt. Alginat ist ein Polysaccharid, also ein Mehrfachzucker, der in den Zellwänden der Alge zu finden ist und durch Auskochen der Blätter gewonnen werden kann. Als gelartige Masse mit guten Klebeeigenschaften kommt es in der Lebensmittelindustrie als Verdickungsmittel zum Einsatz, aber auch als Masse zum Abformen von Körperteilen bei der Herstellung von Kunstplastiken oder in der Kieferchirurgie. Die Hüllen von Notpla werden als Portionsbeutel für Saucen, Dressings und andere flüssige Lebensmittel von 15 bis 100 Millilitern verwendet, ebenso wie für selbstauflösende Teebeutel oder Waschmittelsachets. Sie zersetzen sich auf dem heimischen Kompost innerhalb von vier bis sechs Wochen komplett – oder können einfach mitgegessen werden. Gerade auch bei Laufveranstaltungen wie dem London Marathon, wo üblicherweise durch weggeworfene Einmalplastikbecher viel Müll entsteht, haben sich die Beutel bewährt.



notpla.com

