



Prof. Dr. Harald Lesch
Wissenschaftsjournalist & Fernsehmoderator

»Zwei Meister ihres Faches machen weiter. Das kleine Buch mit großen Lösungen zum Mitnehmen und Mitdenken. Sehr zu empfehlen!«



Dr. Eckart von Hirschhausen
Arzt, Wissenschaftsjournalist & Gründer der
Stiftung Gesunde Erde-Gesunde Menschen

»Klimaschutz ist Gesundheitsschutz. Toll das in diesem Buch so viele Lösungen verständlich gemacht werden, dass wir sofort damit loslegen können! Denn das Teuerste, was wir jetzt tun können, ist nichts.«

Prof. Dr. Claudia Kemfert
Professorin für Energiewirtschaft & -politik am Deutschen Institut für
Wirtschaftsforschung (DIW) in Berlin & an der Leuphana Universität

»Klimaschutz wird in der öffentlichen Debatte oft sehr heiß diskutiert. Umso wichtiger ist dieses Buch, das wissenschaftlich fundiert und zugleich für jeden verständlich vermittelt, welche Maßnahmen zur Einhaltung des Pariser Klimaschutzabkommens notwendig sind.«



Mirko Drotschmann
alias »MrWissen2go« auf YouTube,
Fernsehmoderator & Wissenschaftsjournalist

»Die Zeit wird immer knapper! Was wir jetzt brauchen, sind keine Weltuntergangsszenarien oder kosmetische Reförmchen, sondern konkrete und innovative Lösungsmaßnahmen. Dieses Buch liefert genau das.«

Sven Plöger

Dipl. Meteorologe, Fernsehmoderator & Buchautor

»Das Wetter wird extremer, wir spüren den Klimawandel immer mehr. Statt lähmender Katastrophenangst sind Ideen gefragt, die jeder und jedem Mut machen. David & Christian bringen das in beeindruckender Weise und mit tollen Grafiken auf den Punkt. Ein so wichtiges Buch!«



MACHSTE DRECKIG – MACHSTE SAUBER



MACHSTE DRECKIG – MACHSTE SAUBER
DIE KLIMALÖSUNG

DAVID NELLES UND CHRISTIAN SERRER

Dein SPIEGEL
Bestseller-
Autoren

mit über
250 Wissen-
schaftlern



H₂



€ 10,00 (D) | € 11,00 (A)

ISBN 978-3-9819650-1-8



9 783981 965018

INHALTSVERZEICHNIS

Wie dieses Buch zu lesen ist:

Hochgestellte Zahlen am Ende eines Satzes („⁵“) verweisen auf die Herkunft der von uns geschilderten Informationen. Auf Seite 122 erklären wir Ihnen, wo Sie die von uns zitierten Quellen finden.

Zahlen in eckigen Klammern („[1]“) stellen eine Verbindung von Text und Grafik her, sie tauchen an passenden Stellen im Text und in der dazugehörigen Grafik auf. Wenn bei Daten nicht anders angegeben, so handelt es sich um eine globale Betrachtung.

Zur sprachlichen Vereinfachung wird auf die Nennung der weiteren Geschlechter verzichtet. Die verwendeten männlichen Begriffe beziehen die weiblichen und diversen Formen ebenso mit ein.

KAPITEL 2
ENERGIE
SEITE: 11

KAPITEL 4
VERKEHR
SEITE: 53

KAPITEL 5
LANDWIRTSCHAFT
SEITE: 65

KAPITEL 8
POLITIK, WIRTSCHAFT
UND GESELLSCHAFT
SEITE: 99

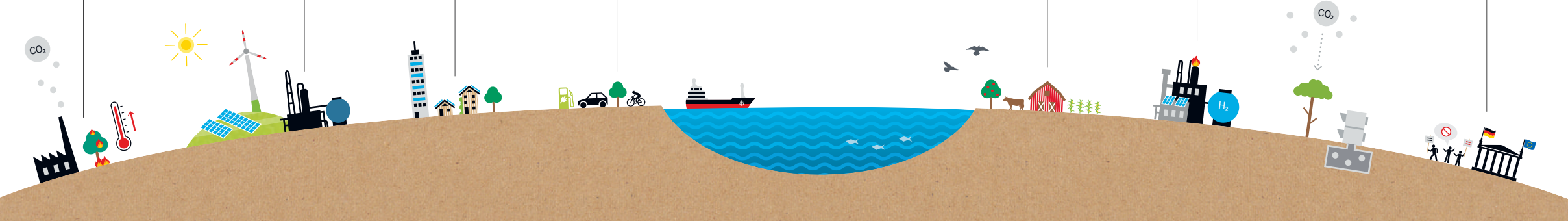
KAPITEL 1
KLIMAWANDEL
SEITE: 3

KAPITEL 3
GEBÄUDE
SEITE: 47

KAPITEL 7
CO₂-ENTFERNUNG
SEITE: 92

KAPITEL 6
INDUSTRIE
SEITE: 81

2



KAPITEL 1 KLIMAWANDEL

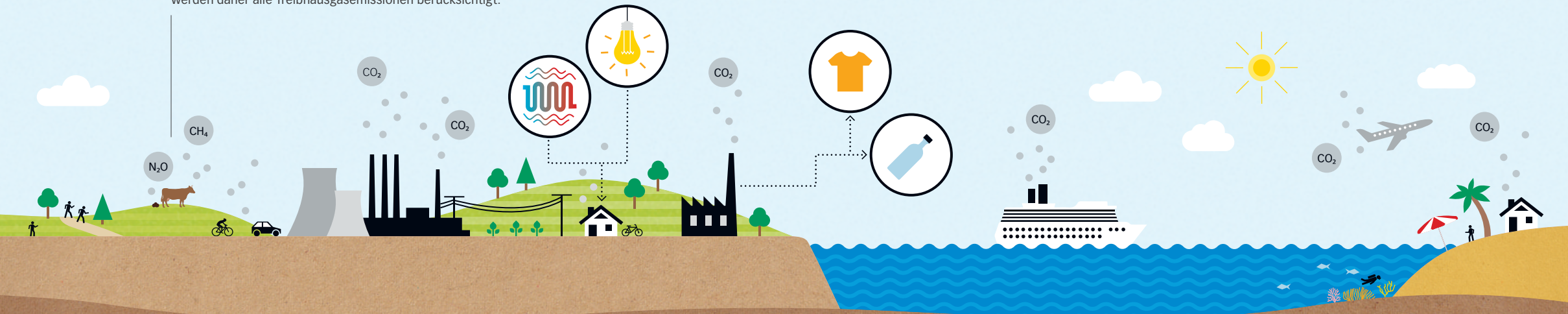
Fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas sind die Grundlage unseres heutigen Wohlstandes: Wir stellen mit ihnen Autos, Fernseher und Medikamente her, nutzen sie, um unsere Häuser zu heizen, verwenden sie als Kraftstoff für unsere Mobilität, auch für den Flug in den Urlaub, und können dank ihnen das Licht anschalten und unsere Smartphones laden.¹⁻⁴

Das Ganze hat jedoch einen Haken. Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entsteht das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid (CO₂), die Hauptursache für eines der größten Probleme unserer Zeit: Den Klimawandel.⁵⁻⁸

CO₂-Äquivalente (CO₂e)

Neben CO₂ entstehen weitere Treibhausgase wie Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) z. B. in der Landwirtschaft.⁹ Da die Gase die Atmosphäre unterschiedlich stark erwärmen, werden sie zur besseren Vergleichbarkeit in sogenannte CO₂-Äquivalente (kurz: CO₂e) umgerechnet.¹⁰ Wird von CO₂e gesprochen, werden daher alle Treibhausgasemissionen berücksichtigt.

URSACHEN DES KLIMAWANDELS	4
FOLGEN DES KLIMAWANDELS	5
WODURCH ENTSTEHEN DIE EMISSIONEN?	6
PARIS-ABKOMMEN	7
PFAD ZUM 1,5 °C-LIMIT	8
EMISSIONEN DER LÄNDER	9
FAZIT	10



KLIMAWANDEL PARIS-ABKOMMEN

Im Jahr 2015 haben 195 Staaten auf der Weltklimakonferenz in Paris beschlossen, die globale Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts auf deutlich unter 2 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit zu begrenzen und sie möglichst bei 1,5 °C zu stoppen.¹

Zum ersten Mal ist es damit gelungen, sich völkerrechtlich auf ein weltweites Klimaziel – bzw. eine Temperaturgrenze – zu einigen.² Wenn diese Ziele eingehalten werden, könnten dadurch wahrscheinlich die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels vermieden werden.³ Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass die Pariser Klimaziele politische Ziele sind.³

Aus wissenschaftlicher Sicht sollte der weltweite Temperaturanstieg so gering wie möglich gehalten werden.⁴ Denn die Folgen des Klimawandels sind bereits heute gravierend und verschärfen sich mit jeder weiteren Erwärmung:⁵ Beispielsweise könnten bei einer Erwärmung um 1,5 °C, weltweit etwa 133 Millionen Menschen zusätzlich unter starken Dürren im Vergleich zu heute leiden – bei 2 °C sogar 195 Millionen.⁶

Es zählt daher jedes Zehntelgrad!

Die Grafik auf der rechten Seite zeigt die angenommenen weltweiten Auswirkungen des Klimawandels im Vergleich zu heute, bei einer Erwärmung um 1,5 und 2 °C seit Beginn der Industrialisierung.

	1,5 °C	2 °C
Zunahme von Hitzetagen im Jahr ⁷	Ca. Verdopplung (+ 7 Tage) 	Ca. Vervielfachung (+ 20 Tage)
Häufigere Starkregenfälle an Land ⁸	+ 17 % 	+ 36 %
Menschen, die zusätzlich unter Wasserknappheit leiden ⁹	+ 271 Mio. 	+ 388 Mio.
Zunahme der geeigneten Gebiete für die Übertragung von Malaria* ¹⁰	+ 10 % 	+ 15 %
Vergrößerung der Waldbrandflächen im Mittelmeerraum ¹¹	+ 41 % 	+ 62 %
Anteil der Insektenarten, deren Lebensraum sich mindestens halbiert ⁵	6 % 	18 %
Verlust der tropischen Korallenriffe ¹²	- 70 bis 90 % 	- 99 %

*im Vergleich zu 1971–81

KLIMAFREUNDLICHE ELEKTRIZITÄTSERZEUGUNG

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, Elektrizität klimafreundlich mittels erneuerbarer Energien¹ oder Kernenergie² zu erzeugen. Wie die nebenstehende Abbildung zeigt, sind bereits heute viele davon wettbewerbsfähig und nahezu überall auf der Welt einsetzbar.³ Ziel ist es dabei, die verschiedenen Erzeugungsmöglichkeiten so zu kombinieren, dass sie sich im Zeitpunkt der Energieerzeugung möglichst gut ergänzen⁴ – beispielsweise Photovoltaik und Windkraft, da im Winter mehr Windenergie zur Verfügung steht und im Sommer mehr Solarenergie.⁵

Dies ist entscheidend, um den Bedarf an Energiespeichern und anderen Flexibilitätsoptionen zu reduzieren und damit die Kosten des Gesamtsystems gering zu halten (S. 42).⁶

Die am weitest verbreiteten Arten der klimafreundlichen Energieerzeugung, deren Herausforderungen sowie Vor- und Nachteile werden auf den folgenden Seiten vorgestellt.

16

Windenergie S.17

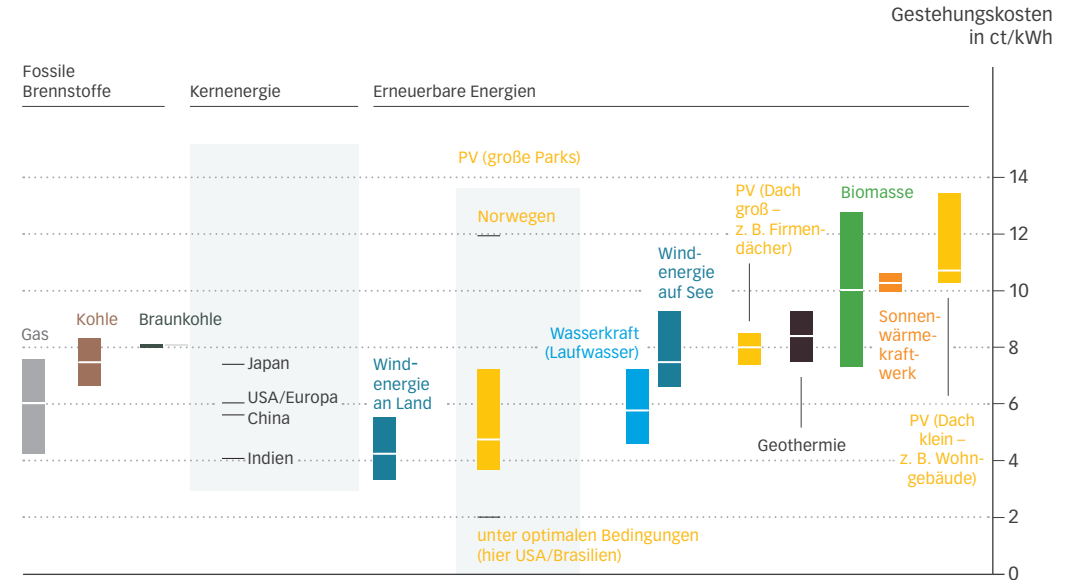
Photovoltaik S.19

Kernenergie S.24

Bioenergie S.22

Wasserkraft S.21

Geothermie S.30

Gestehungskosten Stromerzeugungsarten weltweit⁷

Die Kosten sind von regionalen Faktoren abhängig und variieren daher je nach Standort. Auch sind nur die Kosten von im Jahr 2020 fertiggestellten Anlagen abgebildet. Deshalb dient die Abbildung lediglich der Einordnung ungefährender Größenverhältnisse und muss vorsichtig betrachtet werden.

Mittelwert → Die dargestellten Werte beziehen sich auf die zentralen 50% der Werte

WINDENERGIE I

Windenergieanlagen nutzen Wind, um über einen Rotor einen Generator anzutreiben. Dabei wird die Bewegungsenergie des Windes in elektrische Energie umgewandelt.¹ Windenergieanlagen haben eine durchschnittliche Nutzungsdauer von etwa 20 Jahren.² Große aktuell errichtete Anlagen haben eine Generatorleistung von etwa 5 MW an Land und auf See in einigen Fällen sogar über 10 MW.³ Mit einem 5 MW Generator lassen sich bei voller Auslastung in einer Stunde 5 MWh elektrische Energie erzeugen⁴ – mehr als der Jahresverbrauch einer vierköpfigen Familie in Deutschland (ca. 4 MWh = 4.000 kWh).⁵ Wie viel Energie mit einer Anlage über das gesamte Jahr tatsächlich erzeugt werden kann, hängt vom Standort der Windenergieanlage und dem dortigen Windangebot ab.⁶ Da mit zunehmender Höhe über dem Erdboden der Wind stärker und gleichmäßiger weht, gilt in der Regel: Je höher die Windenergieanlage und je länger die Rotorblätter, desto besser kann die Anlage das Windenergieangebot ausnutzen und damit mehr Energie umwandeln.^{1,7}

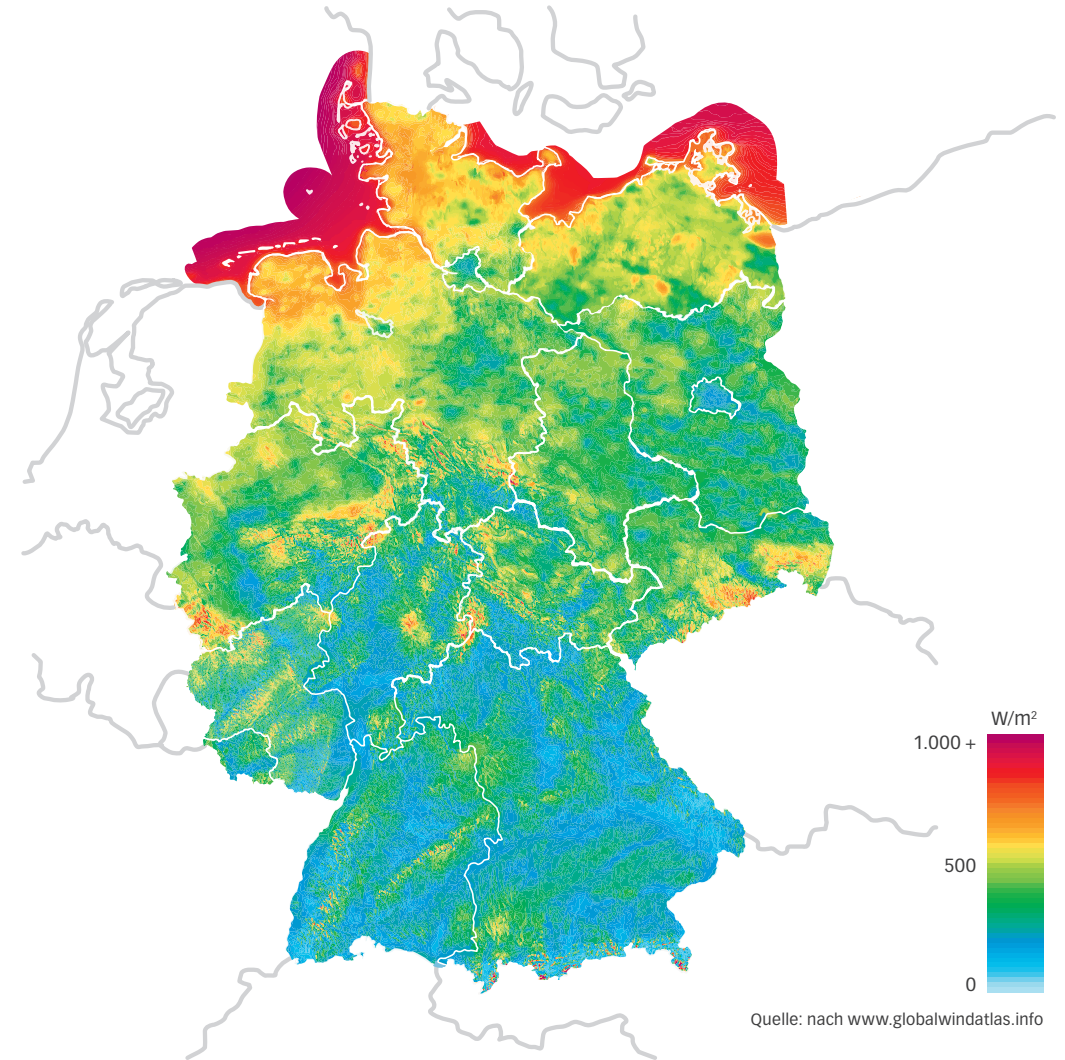
Windenergieanlagen können zum Großteil recycelt werden. Die Rotorblätter werden aktuell jedoch verbrannt oder deponiert, da sie aus einem heute noch nicht recycelbaren Gemisch aus Kunstharz und Glas- bzw. Kohlefasern bestehen, welches ihnen Steifigkeit bei geringem Gewicht verleiht.⁸

Mit steigender Zahl an Windrädern wird auch die Zahl der zu recycelnden Rotorblätter in Zukunft weiter steigen.⁸ Aktuell wird daher an Verfahren zum Recycling von Rotorblättern gearbeitet sowie daran, sie aus anderen Materialien herzustellen.³

Windenergieanlagen erzeugen je nach Anlage und Standort im Laufe von drei bis sieben Monaten in der Regel so viel Energie, wie für ihre Herstellung, den Betrieb und die Entsorgung aufgewendet werden muss.⁷

Durchschnittliche Leistungsdichte des Windes in Deutschland 100 m über dem Boden¹⁰

Die Leistungsdichte ist ein Maß für den Energiegehalt des Windes – sie ist hauptsächlich abhängig von der Windgeschwindigkeit und wird in Watt pro Quadratmeter (vertikale Rotorfläche) angegeben. Je höher die Leistungsdichte des Windes, desto mehr Energie können Windenergieanlagen umwandeln.⁹



ENERGIE POWER-TO-X I

„Power-to-X“ (P2X) bedeutet so viel wie „Strom zu Irgendwas“ und ist ein Sammelbegriff für die Umwandlung von Strom in Wärme, Gase, Flüssigkeiten oder Rohstoffe für den nichtenergetischen Verbrauch in der Industrie (z. B. zur Herstellung von Chemikalien).¹

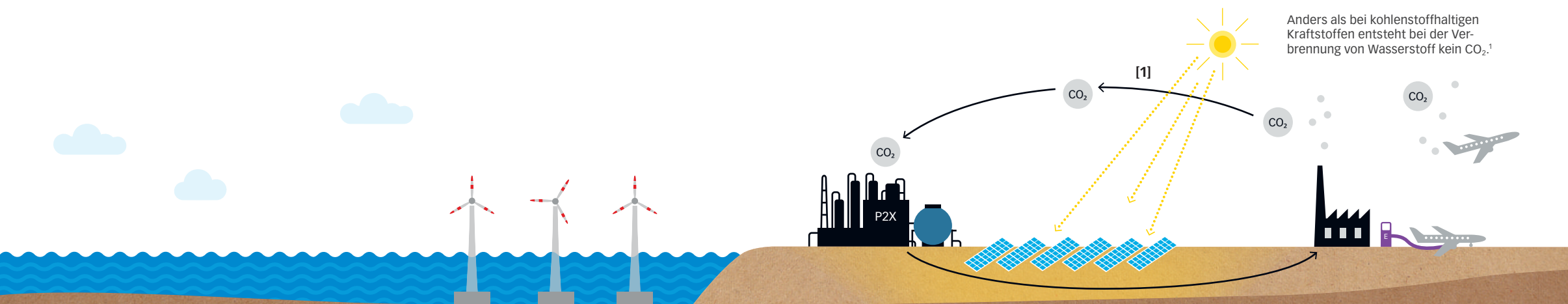
Die Grundlage zur Herstellung vieler klimafreundlicher gasförmiger (Power-to-Gas, P2G) und flüssiger Energieträger (Power-to-Liquid, P2L) ist die Produktion von Wasserstoff mittels Elektrizität.² Dazu wird Wasser mit Hilfe von klimafreundlichem Strom in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten; dieser Prozess wird als Wasserelektrolyse bezeichnet bzw. die Anlagen als Elektrolyseur.

Der so hergestellte Wasserstoff kann nun direkt verwendet³ – z. B. zur klimafreundlichen Stahlerzeugung (S. 86) – oder unter zusätzlichem Energieaufwand z. B. durch die Verbindung mit Kohlenstoff oder Stickstoff in Energieträger wie Methan, Methanol, Diesel, Benzin, Kerosin oder Ammoniak weiterverarbeitet werden.⁴ Alle mit Elektrizität erzeugten flüssigen und gasförmigen kohlenstoffhaltigen Energieträger werden auch als Elektro-Kraftstoffe (manchmal auch E-Fuels) bezeichnet.⁵ Damit sowohl Wasserstoff als auch die daraus hergestellten Kraftstoffe klimafreundlich sind, muss die zur Herstellung benötigte Elektrizität jedoch klimafreundlich erzeugt werden und bei kohlenstoffhaltigen Kraftstoffen (also den E-Fuels) der eingesetzte Kohlenstoff (C) aus der Umgebungsluft (CO₂, S. 95) oder aus Biomasse stammen (S. 22).

So wird durch die Verbrennung der E-Fuels wieder genau so viel CO₂ emittiert, wie zuvor der Atmosphäre entnommen wurde. Dadurch entsteht ein CO₂-Kreislauf [1] und damit ein klimafreundlicher Kraftstoff.⁶ Zum Transport großer Mengen Wasserstoff können bestehende Gaspipelines umgerüstet oder eigene Wasserstoffpipelines errichtet werden.⁷ Wasserstoff kann durch Kühlung auf unter minus 253 Grad Celsius aber auch verflüssigt und so per Schiff transportiert werden.^{8,9}

Wasserstoff wird in einem rein erneuerbaren Energiesystem sowohl als Endenergieträger (z. B. für Ausgleichskraftwerke, S. 40), zur stofflichen Verwertung in Prozessen (z. B. in der Chemieindustrie) als auch zur Umwandlung in andere klimafreundliche Kraftstoffe benötigt.^{1,7} Da bei der Umwandlung von Elektrizität zu Wasserstoff jedoch mindestens 20 % der eingesetzten Energie verloren geht,^{1,10} sollte daher zur energetischen Nutzung – wann immer effizient und transporttechnisch möglich – Strom als direkter Energielieferant Wasserstoff (und allen daraus gefertigten Kraftstoffen) vorgezogen werden.^{11,12}

38

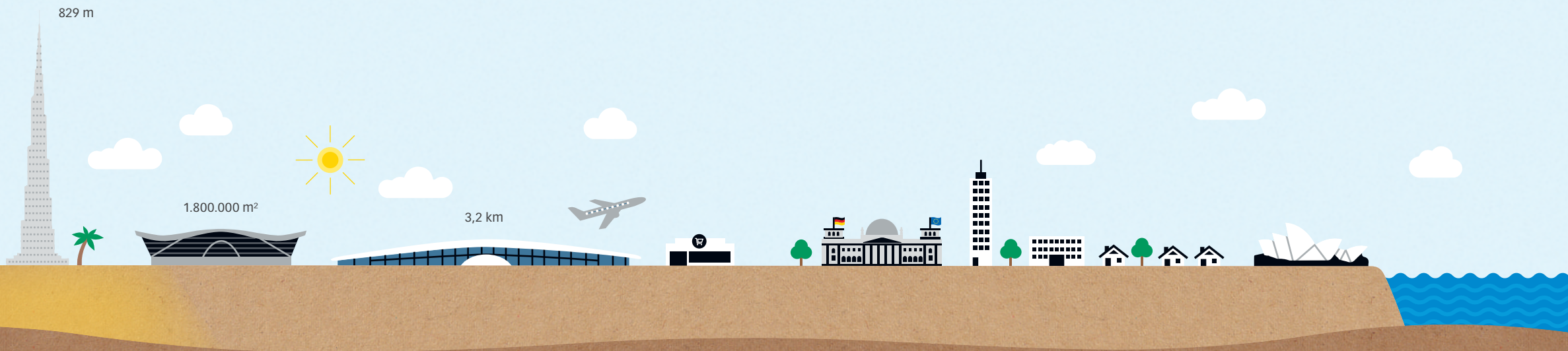


KAPITEL 3 GEBÄUDE

Der Burj Khalifa in Dubai ist mit **829,8 Metern** das höchste Gebäude der Welt,¹ das New Century Global Center in China mit einer Nutzfläche von etwa **1,8 Millionen m²** das größte² und das Terminal 3 des Beijing Capital International Airports in China mit einer **Länge von 3,2 km** das längste Gebäude.³

Aber nicht nur die Ausmaße mancher Gebäude sind gigantisch, sondern auch deren unzählige Nutzungsmöglichkeiten: ob als Wohngebäude, Lagerhalle oder aber Fußballstadion – überall wo Menschen ansässig sind, prägen Gebäude das Landschaftsbild. Jedoch entstehen vor allem durch den Bau und bei der Nutzung von Gebäuden Treibhausgase. Alle Gebäude der Welt verursachen damit zusammen aktuell insgesamt mehr als ein Fünftel der weltweiten Treibhausgasemissionen.⁴

TREIBHAUSGASEMISSIONEN	48
ÜBERSICHT DER MAßNAHMEN	49
BAUMATERIALIEN	50
HERAUSFORDERUNGEN & POLITIKMAßNAHMEN	51
FAZIT	52



GEBÄUDE BAUMATERIALIEN

Damit der Gebäudesektor klimafreundlich werden kann, müssen auch alle Prozesse rund um die Errichtung, den Betrieb und den Abbau von Gebäuden klimafreundlich sein.¹ Dabei ist der Einsatz klimafreundlicher Energie und die Optimierung bzw. Effizienzsteigerung von Prozessen in der Baubranche genauso wichtig² wie die Verwendung klimafreundlicher Baustoffe.³ Beispielsweise entstanden durch den Einsatz von Stahl und Zement zur Errichtung und Renovierung von Gebäuden 2018 ca. 16 % der gesamten Treibhausgasemissionen des Gebäudesektors.⁴

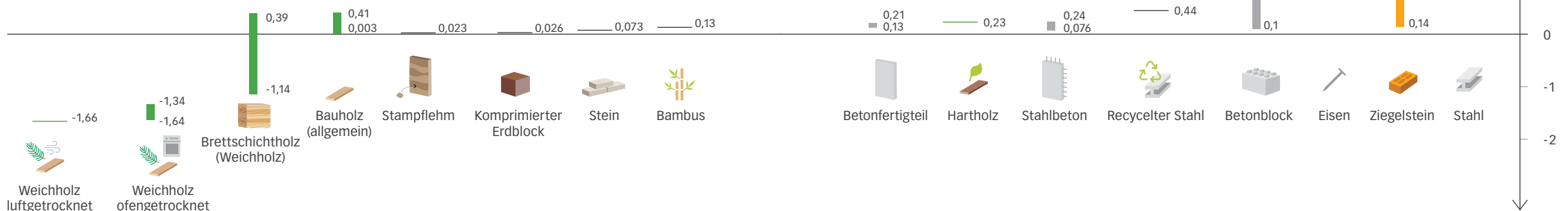
Wie die untenstehende Abbildung zeigt, verursachen Naturmaterialien wie Holz oder Lehm generell die wenigsten Treibhausgasemissionen.³ Wird Holz als Baustoff verwendet, so kann das der Atmosphäre beim Wachstum des Baumes entzogene CO₂ über die Lebenszeit des Gebäudes in diesem gespeichert werden – und damit durch nachwachsende Bäume erneut CO₂ der Atmosphäre entzogen werden (S. 93).⁵ Klar ist jedoch auch, dass beispielsweise aufgrund statischer Anforderungen nicht überall rein klimafreundliche Materialien verwendet werden können. Daher muss auch die Erzeugung von z. B. Stahl (S. 86) und Zement (S. 87) möglichst klimafreundlich gestaltet werden.^{6,7}

Jedoch lassen sich vor allem die Emissionen der Zementherstellung in absehbarer Zeit nicht komplett vermeiden, da hier CO₂ als Folge eines chemischen Prozesses unabhängig von der eingesetzten Energiequelle auftritt (S. 87). Damit ein klimafreundlicher Gebäudesektor geschaffen werden kann, benötigt es deshalb zusätzlich Maßnahmen zur Entfernung von CO₂ (S. 92), um diese verbleibenden Emissionen wieder aus der Atmosphäre zu entfernen.⁸

Um die Emissionen möglichst stark zu reduzieren, muss jedoch auch der Materialbedarf verringert werden, indem z. B. der alte Gebäudebestand erhalten wird sowie anfallende Materialabfälle wiederverwendet bzw. recycelt werden (S. 84).¹⁰

Durchschnittliche Emissionen pro kg Baumaterial bis zur Fertigstellung im Werk³

Gezeigt werden in der Literatur angegebene Bereiche



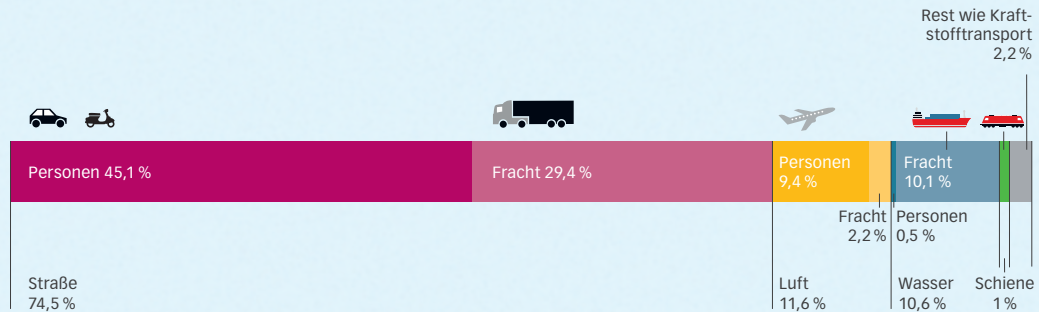
Der Einsatz klimafreundlicher und nachhaltiger Baustoffe ist zur Erreichung eines klimafreundlichen Gebäudesektors unerlässlich.^{3,9}

KAPITEL 4 VERKEHR

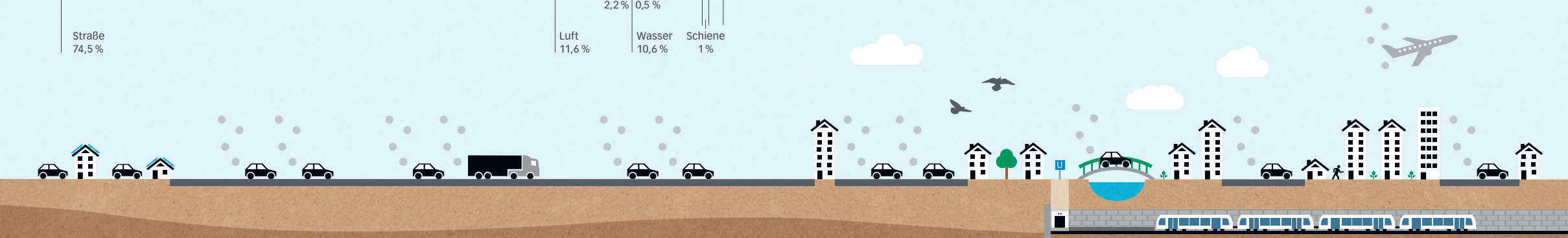
Durch die Globalisierung und den zunehmenden Wohlstand wächst das weltweite Verkehrsaufkommen.¹ Dadurch ist der Treibhausgasausstoß des Verkehrssektors seit 1990 um fast 80 % angestiegen – so stark wie in keinem anderen Sektor.²⁻⁴ Im Jahr **2018 entstanden etwa 15 % aller globalen Treibhausgasemissionen durch den Verkehr.**⁵

Daran hat der Straßenverkehr mit Abstand den größten Anteil [1].⁶⁻⁸ Wie die Emissionen des Verkehrs – trotz der möglichen Verdreifachung des globalen Personen- und Güterverkehrs bis 2050 – reduziert werden können, wird auf den folgenden Seiten dargestellt.^{9,10}

[1] Aufteilung der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor in 2018⁶⁻⁸

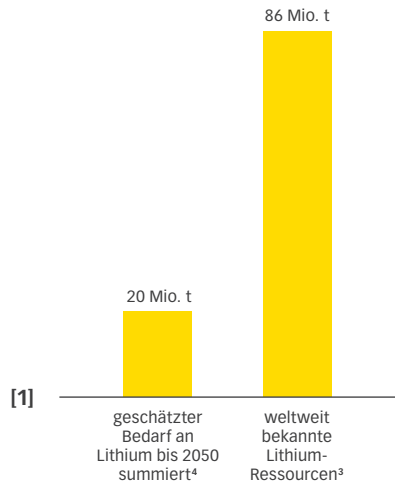


PERSONENVERKEHR	54
VERKEHRSVERLAGERUNG	55
ALTERNATIVE ANTRIEBE & KRAFTSTOFFE	56
WASSERSTOFF	57
E-AUTOS	58
LKW	61
FLUGVERKEHR	62
SCHIFFSVERKEHR	63
FAZIT	64



HERAUSFORDERUNGEN DER E-MOBILITÄT II

Gibt es ausreichend Rohstoffe? Bis zum Jahr 2050 könnte sich die weltweite Anzahl von Fahrzeugen an Land wie PKW, LKW, Busse usw. fast verdoppeln.¹ Wenn in 2050 nur noch Fahrzeuge mit alternativen Antrieben zugelassen werden, von denen etwa zwei Drittel vollelektrisch sind, könnte der jährliche Bedarf an Lithium zur Batterieherstellung für Fahrzeuge von ca. 10.000 Tonnen in 2016 auf bis zu 1,1 Millionen Tonnen ansteigen.² Dem gegenüber stehen weltweite Lithium-Ressourcen von 86 Millionen Tonnen [1].³



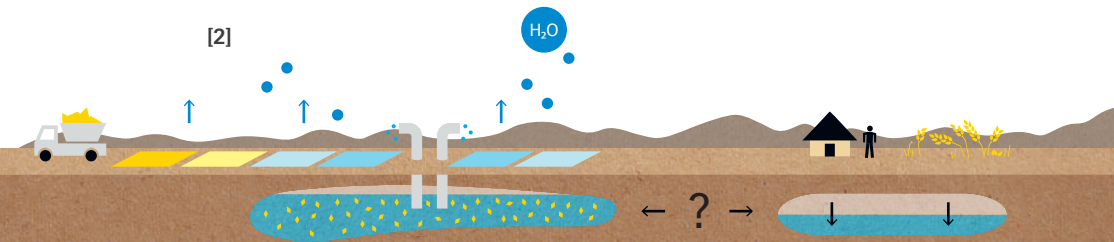
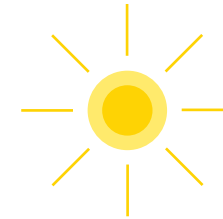
Zudem wird geschätzt, dass 2050 etwa 40 % des verwendeten Lithiums vorher recycelt wurde.² Die Lithium-Ressourcen reichen daher theoretisch aus, um den Bedarf für Fahrzeuge zu decken – das gilt ebenso für Nickel und Kobalt.³⁻⁵



Kobaltabbau und Menschenrechte: Der Großteil des Kobalts wird im industriellen Bergbau gewonnen, der an internationale Standards gebunden ist.^{3,6} Jedoch stammten 2018 schätzungsweise 10 % aus unkontrolliertem Kleinbergbau aus dem Kongo.⁷⁻¹⁰ Einsturzgefährdete Stollen, unzureichende Bezahlung und schwere Kinderarbeit sind dabei nicht ausgeschlossen.^{11,12} Manche Autobauer beziehen Kobalt ausschließlich aus zertifiziertem Abbau oder direkt von den Minenbetreibern anstatt von Zwischenlieferanten, um die Herkunft kontrollieren zu können.¹³⁻¹⁵ Privatpersonen, Städte und Kommunen können darauf achten, Autos nur von solchen Herstellern zu kaufen.

Lithiumabbau und Wasserverbrauch: Etwa die Hälfte des weltweiten Lithiums wird in Australien im Tagebau abgebaut. Weitere 30 % werden in Salzseen und -wüsten in Chile, Argentinien und Bolivien gewonnen.³ Dieser Anteil wird in Zukunft stark steigen, da dort über 70 % der weltweiten Lithiumressourcen vorkommen.¹⁶ In diesen Regionen wird unterirdisches, lithiumhaltiges Wasser an die Oberfläche gepumpt, durch die Sonneneinstrahlung verdunstet und das Wasser und Lithium bleibt zurück [2].¹⁷

Aufgrund des hohen Wasserverbrauchs wird befürchtet, dass der Grundwasserspiegel in diesen ohnehin sehr trockenen Regionen sinkt und lokal Landwirtschaft kaum mehr möglich ist.¹⁸ Dieser Zusammenhang ist jedoch wissenschaftlich noch nicht bestätigt, da der geologische Untergrund zu unbekannt ist und auch der Klimawandel zum Absinken des Grundwasserspiegels beiträgt.¹⁹⁻²² Dieser Zusammenhang muss schnell erforscht werden, um negative Auswirkungen zu verhindern bzw. zu minimieren. Die Gewinnung von Lithium ist jedoch unerlässlich, da es in Fahrzeug-Batterien auf kurze Sicht nicht durch einen anderen Stoff ersetzt werden kann.²³ Zudem sind die Auswirkungen des Klimawandels deutlich gravierender als die möglichen lokalen Folgen des Lithiumabbaus.²⁴⁻²⁶ Der steigenden Nachfrage nach Lithium kann aber durch die bereits beschriebenen Maßnahmen zur Vermeidung und Verlagerung von Verkehr (Bedarf an E-Autos sinkt) sowie durch effektives Recycling entgegengewirkt werden.^{27,28}



KAPITEL 5 LANDWIRTSCHAFT

Der Anbau von Nutzpflanzen sowie die Züchtung und Haltung von Nutztieren zur Erzeugung von Nahrungsmitteln und anderen Produkten wie Wolle werden meist unter dem Begriff der Landwirtschaft vereint.¹ Zentrale Aufgabe ist die Nahrungsmittelversorgung von mittlerweile knapp 7,9 Milliarden Menschen.^{2,3}

Dies wird jedoch durch die Folgen des Klimawandels immer schwieriger, da bereits heute häufigere und stärkere Dürren⁴ sowie Starkregen^{5,6} die Ernteerträge weltweit mindern.⁷ Um weitere negative Auswirkungen zu vermeiden, sind allein deshalb Klimaschutzmaßnahmen auch in der Landwirtschaft unerlässlich, da diese nicht nur Betroffene, sondern auch eine der größten Verursacherinnen des Klimawandels ist.⁸

TREIBHAUSGASEMISSIONEN	66
VERDAUUNG BEI WIEDERKÄUERN	67
TIERISCHE EXKREMENTE	68
SYNTHETISCHE STICKSTOFFDÜNGER	69
REISANBAU	70
HERAUSFORDERUNG STEIGENDER BEDARF	71
EINFLUSS DER ERNÄHRUNG	73
ALTERNATIVE ANBAUFORMEN	78
LEBENSMITTELVERLUSTE	79



LEBENSMITTELVERLUSTE

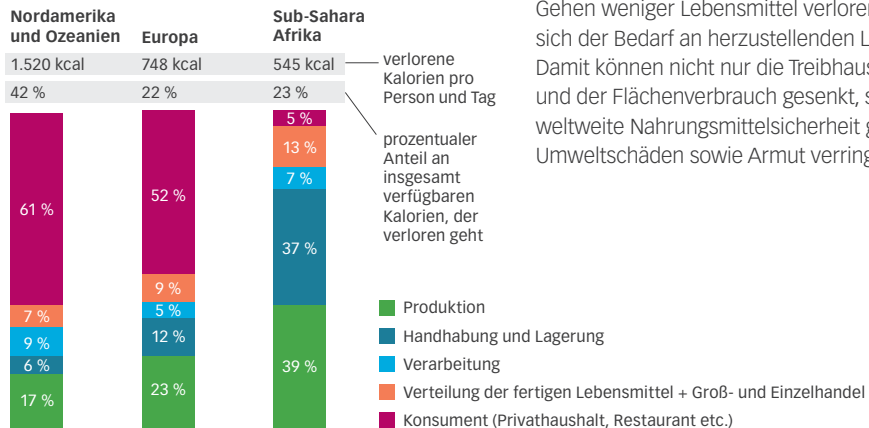
Lebensmittel können sowohl bei der Produktion und Verarbeitung verloren gehen als auch beim Konsumenten oder Einzelhandel durch Wegwerfen verschwendet werden¹ – hier unter dem Begriff der Lebensmittelverluste vereint. Dabei wird immer nur der essbare Teil von Nahrungsmitteln betrachtet.²

Zwischen 2010 und 2016 gingen jährlich etwa 25-30 % der erzeugten Lebensmittel verloren.^{3,4} Dies entsprach etwa 8-10 % der globalen Treibhausgasemissionen^{3,5} und verursachte jährlich etwa 1 Billion USD vermeidbare Kosten.⁴

Dabei gibt es einen deutlichen Unterschied, wo Lebensmittel verloren gehen:⁶ In Entwicklungsländern entstehen die größten Verluste durch Verderb und Ungezieferbefall bei der Verarbeitung und dem Transport direkt nach der Ernte. In diesen Ländern müssen daher vor allem die Produktionstechnik und Lagerung sowie die Lieferketten verbessert werden.⁷ Aber auch in Industriestaaten kann der Verlust von Lebensmitteln durch produktionsseitige Maßnahmen wie einer Optimierung der Verarbeitungsschritte verkleinert werden.^{3,6} In entwickelten Ländern entsteht Lebensmittelverlust aber auch besonders beim Konsumenten, weshalb es zusätzlich Maßnahmen z. B. zur Bewusstseinsbildung benötigt.^{7,8}

Gehen weniger Lebensmittel verloren, so verringert sich der Bedarf an herzustellenden Lebensmitteln. Damit können nicht nur die Treibhausgasemissionen und der Flächenverbrauch gesenkt, sondern auch die weltweite Nahrungsmittelsicherheit gesteigert und Umweltschäden sowie Armut verringert werden.^{6,9}

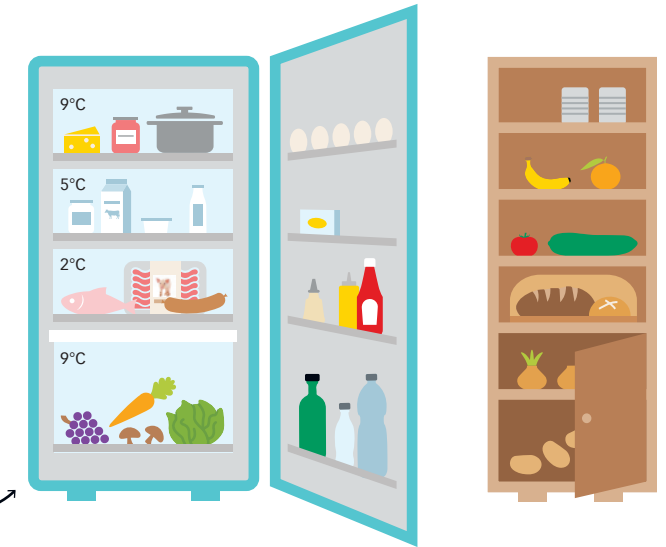
Lebensmittelverluste nach Region und Schritt in der Wertschöpfungskette 2009¹⁰



Eine richtige Lagerung von Lebensmitteln erhöht die Haltbarkeit und hilft Lebensmittelverschwendung zu vermeiden¹¹

Tipps zur Reduzierung der Lebensmittelverluste im Privathaushalt^{12,13}

- Das Mindesthaltbarkeitsdatum ist kein Wegwerfdatum. Riechen, schmecken, sehen hilft noch gute von schon verdorbenen Lebensmitteln zu unterscheiden.
- Ein Einkaufszettel hilft nur das zu kaufen, was auch wirklich benötigt wird.
- Ältere Lebensmittel können oft noch verarbeitet werden – z. B. altes Brot zu Knödeln.
- Zu viel gekaufte Lebensmittel können geteilt werden.
- Lebensmittel richtig lagern:



Lebensmittel möglichst frisch kaufen bzw. nicht lange im Gefrierfach aufbewahren, da dies viel Energie benötigt.¹⁴

Besonders Tomaten, Äpfel, Aprikosen und Pflaumen sollten separat gelagert werden, da anderes Obst und Gemüse in der Nähe schneller reift.¹⁵

KAPITEL 6 INDUSTRIE

Als Industrie wird meist der Teil der Wirtschaft bezeichnet, der Produkte für Endkonsumenten bzw. Unternehmen – beispielsweise Maschinen – herstellt. Industrieunternehmen befassen sich also mit einer Vielzahl von Aufgaben, die von der Gewinnung von Rohstoffen über die Weiterverarbeitung zu Produkten bis zu deren Entsorgung reichen.^{1,2}

Da dazu oft große Mengen an Energie benötigt werden, ist die Industrie auch der Sektor mit dem größten Energiebedarf.³

Die Herausforderung des Industriesektors ist es nun, seine Treibhausgasemissionen zu reduzieren, obwohl die Nachfrage nach verschiedensten Produkten vor allem durch eine immer wohlhabendere Weltbevölkerung steigt.⁴

TREIBHAUSGASEMISSIONEN	82
ENERGIE	83
MATERIALIEN & KREISLAUFWIRTSCHAFT	84
ZWISCHENFAZIT + SO GEHT ES WEITER	85
STAHL	86
ZEMENT	87
CHEMIE	88
WEITERE INDUSTRIEZWEIGE UND KOSTEN	90
FAZIT	91



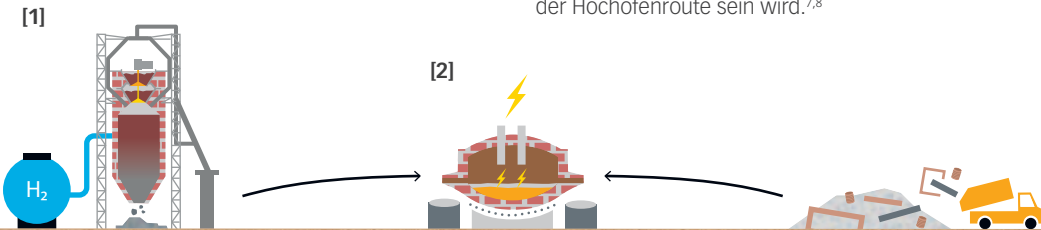
INDUSTRIE STAHL

Die Stahlerzeugung war im Jahr 2019 für etwa 7 bis 10 % der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich.^{1,2,3} CO₂ entsteht dabei hauptsächlich im Prozess der Gewinnung von Roheisen aus Eisenerz: In sogenannten Hochöfen wird der Sauerstoff aus dem Eisenerz entfernt, indem er mit Kohlenmonoxid aus Koks (gewonnen aus Kohle) zu CO₂ reagiert.^{2,3}

Deutlich weniger Emissionen entstehen, wenn der Sauerstoff aus dem Eisenerz in einer Direktreduktionsanlage mit Wasserstoff entfernt wird [1] – allerdings nur, wenn sowohl der Wasserstoff als auch die für den Prozess benötigte Wärmeenergie mit klimafreundlichen Energien erzeugt werden.^{3,4} Anschließend kann der dabei entstehende feste sog. Eisenschwamm in einem Elektrolichtbogenofen geschmolzen und zu Stahl weiterverarbeitet werden. Der Elektrolichtbogenofen nutzt zum Schmelzen elektrische Energie [2].^{3,4}

Da die für diesen Prozess benötigten Energiemengen jedoch enorm sind, muss auch die Entwicklung energieeffizienterer Produktionsverfahren vorangetrieben werden:^{2,3} Z. B. sollen bei der sog. wasserstoffbasierten Plasmareduktion die Prozesse des Hochofens (Sauerstoff entfernen) und des Elektrolichtbogenofens (Einschmelzen) in einem Prozess vereint werden. Dadurch minimieren sich die Energieverluste und sowohl die Menge der benötigten Energie als auch des Wasserstoffes könnten reduziert werden – dieser Prozess befindet sich jedoch noch in Erforschung.^{3,5} Für eine vollständig klimaneutrale Stahlerzeugung muss zusätzlich an Lösungen für weitere – emissionstechnisch kleinere – Herausforderungen geforscht werden; beispielsweise setzen die im Elektrolichtbogenofen verwendeten Graphitelektroden bei ihrem Abbrand CO₂ frei.^{3,6}

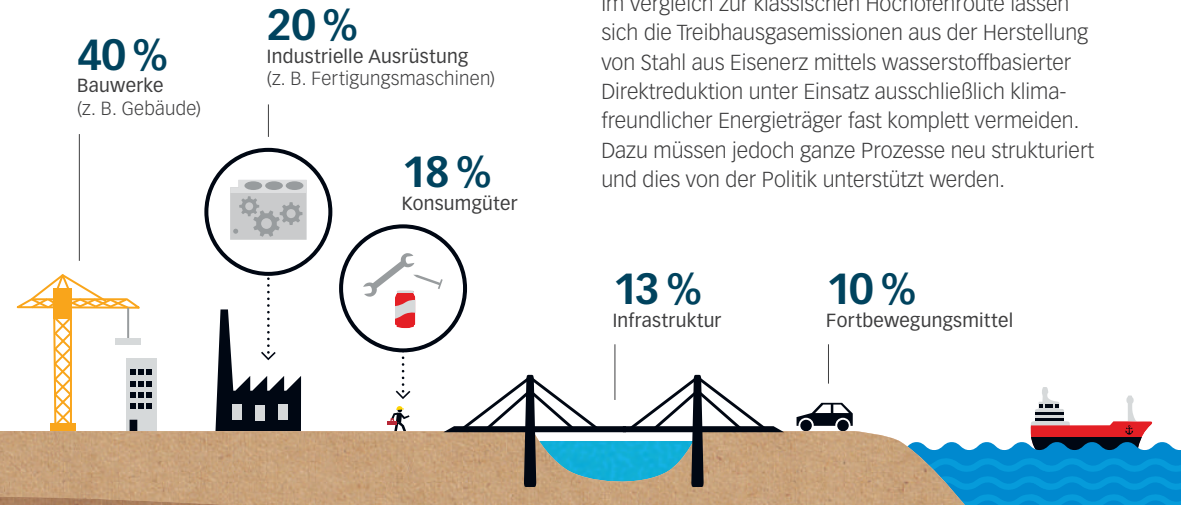
Die Umsetzung scheitert meist an den deutlich höheren Kosten, weshalb klimafreundlicher Rohstahl um etwa 10 bis 50 % teurer als herkömmlicher Stahl aus der Hochofenroute sein wird.^{7,8}



Obwohl dies für den Endkonsumenten kaum spürbar ist, haben Stahlerzeuger dadurch einen enormen Wettbewerbsnachteil, weshalb der Umstieg besonders für die ersten umsteigenden Betriebe politisch gefördert werden muss (S. 90).⁶

Deutlich klimafreundlicher als die Herstellung von Stahl aus Eisenerz (Primärstahl) ist die Erzeugung von recyceltem Stahl: Wird Stahlschrott mit Elektrolichtbogenöfen eingeschmolzen, so entstehen im Durchschnitt bereits heute etwa 60 % weniger Treibhausgasemissionen pro Tonne Stahl.⁶

Zusammensetzung des ungefähren weltweiten Stahleinsatzes¹¹



Aktuell werden etwa 85 % der weltweit entsorgten Stahlerzeugnisse recycelt,⁶ was aufgrund der hohen Nachfrage nach Stahl im Jahr 2017 jedoch nur etwa einem Viertel der weltweiten Produktion entsprach.⁹ Da die Menge des benötigten Stahls in den kommenden Jahrzehnten voraussichtlich immer weiter steigen wird – u. a. auch, da dieser zur globalen Energiewende wie der Herstellung von Windenergieanlagen benötigt wird¹⁰ – ist deshalb ein sparsamer, zielgerichteter Einsatz eine weitere wichtige Maßnahme.^{3,6} Daneben ist es zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft entscheidend, auch hochqualitativen Recyclingstahl herstellen zu können – z. B. durch sorgfältige Sortieranlagen, um vor allem Verunreinigungen mit Kupfer und Zinn zu vermeiden, sowie eine getrennte Sammlung von Stählen unterschiedlicher Qualität.^{3,6}

Im Vergleich zur klassischen Hochofenroute lassen sich die Treibhausgasemissionen aus der Herstellung von Stahl aus Eisenerz mittels wasserstoffbasierter Direktreduktion unter Einsatz ausschließlich klimafreundlicher Energieträger fast komplett vermeiden. Dazu müssen jedoch ganze Prozesse neu strukturiert und dies von der Politik unterstützt werden.

CO₂-ENTFERNUNG

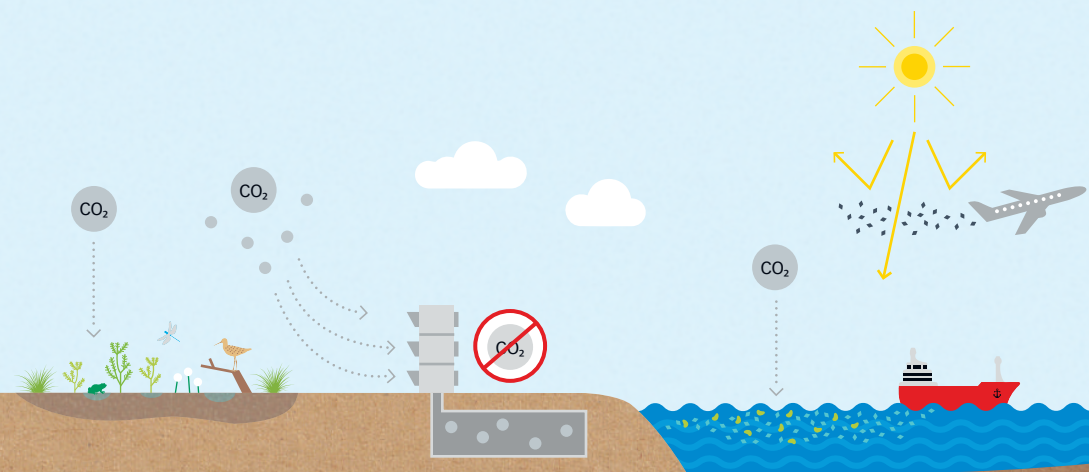
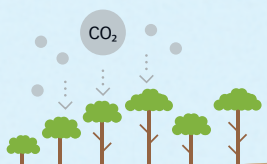
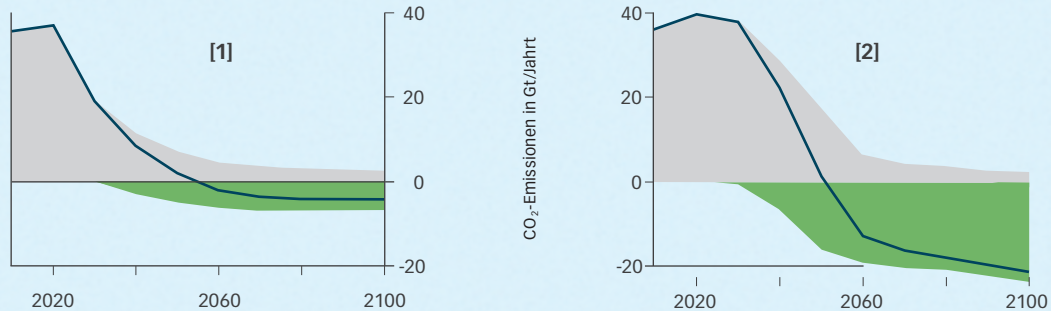
Die Treibhausgasemissionen werden höchstwahrscheinlich nicht schnell genug sinken, um das 1,5-Grad-Limit einzuhalten.¹ Außerdem gibt es Emissionen, die sehr schwer zu vermeiden sind, wie z. B. bei der Herstellung von Zement (S. 87) oder bei Langstreckenflügen (S. 62).^{2,3} Daher muss das zu viel ausgestoßene CO₂ wieder aus der Atmosphäre entfernt und dadurch auch die schwer zu vermeidenden Emissionen kompensiert werden.⁴ Je schneller der Treibhausgasausstoß in den nächsten Jahren reduziert wird, desto geringer ist die Abhängigkeit von

Maßnahmen der CO₂-Entfernung: Sinken die Emissionen rasch, müssten ab 2060 etwa 5 Gigatonnen (Gt) CO₂ pro Jahr aus der Atmosphäre entfernt werden, um das 1,5-Grad-Limit einzuhalten [1]. Steigen die Emissionen aber in den nächsten Jahren weiter an, müssten später bis zu 20 Gigatonnen CO₂ pro Jahr aus der Atmosphäre entfernt werden [2].⁵

Die unterschiedlichen Möglichkeiten, ihre Potentiale und Risiken werden auf den folgenden Seiten dargestellt.

AUFFORSTUNG	93
MOORE, BODENBEWIRTSCHAFTUNG & PFLANZENKOHLE	94
DIRECT AIR CAPTURE	95
OZEANDÜNGUNG & BESCHLEUNIGTE VERWITTERUNG	96
SOLAR RADIATION MANAGEMENT	97
FAZIT	98

92 **Zwei mögliche Entwicklungen des CO₂-Ausstoßes bis zum Jahr 2100 zur Einhaltung des 1,5-Grad-Limits⁵**

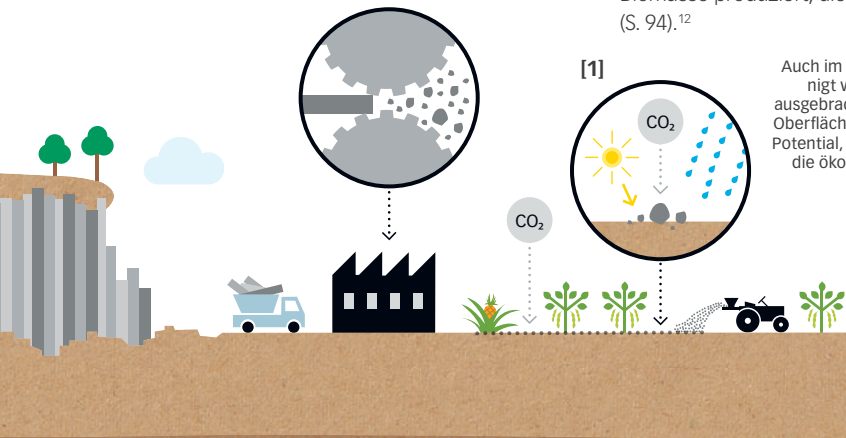


BESCHLEUNIGTE VERWITTERUNG

Verbinden sich Wasser und CO₂ aus der Umgebungsluft, entsteht Kohlensäure, die Gestein zersetzt – dieser Prozess wird auch chemische Verwitterung genannt.¹ Durch die chemische Reaktion des CO₂ mit dem Gestein wird es aus der Atmosphäre entfernt [1].² Die Produkte der Verwitterung können langfristig über Flüsse in die Ozeane gelangen, wo sie über Jahrtausende gespeichert werden.³ Um diesen natürlichen Prozess der CO₂-Bindung zu beschleunigen, kann Gestein wie Basalt z. B. auf Ackerflächen ausgebracht werden.⁴ Dazu wird es vorher zerkleinert, um die Kontaktfläche mit Wasser zu erhöhen. Vor allem die tropischen und subtropischen Regionen sind aufgrund der warmen und feuchten Bedingungen besonders für diese Verwitterung geeignet.⁵

Gegenstand der Forschung ist die Frage, wie schnell CO₂ durch die beschleunigte Verwitterung gebunden werden kann, da dies von zahlreichen Faktoren abhängig ist.⁶ Schätzungen zufolge müssten, um 2 Gt CO₂ pro Jahr aus der Atmosphäre zu entfernen, z. B. jährlich mehr als 10 Milliarden Tonnen Basalt ausgebracht werden.⁷ Die Kosten pro entfernter Tonne CO₂ würden sich damit auf 60 bis 200 US-Dollar belaufen.⁷ Wie erwähnt sind die Zahlen jedoch noch mit großer Unsicherheit behaftet.^{8,9} Der große Vorteil der beschleunigten Verwitterung besteht darin, dass – anders als z. B. bei der Aufforstung – Flächen weiterhin genau gleich genutzt werden können.¹⁰ Außerdem werden aus Basalt Nährstoffe für Pflanzen wie Phosphor und Kalium freigesetzt, wodurch Ernteerträge gesteigert werden.¹¹ Dadurch wird auch mehr Biomasse produziert, die zusätzlich CO₂ binden kann (S. 94).¹²

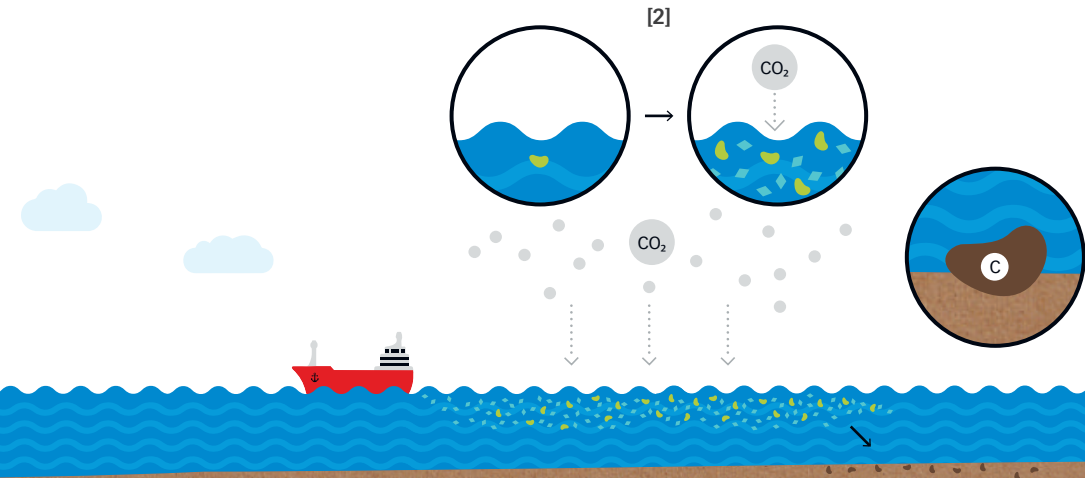
Auch im Ozean kann Verwitterung beschleunigt werden, indem zermahlenes Gestein ausgebracht wird und mit der Kohlensäure im Oberflächenwasser reagiert.¹³ Auch wenn das Potential, CO₂ zu entfernen, enorm wäre, sind die ökologischen Konsequenzen noch nicht ausreichend bekannt.¹³⁻¹⁵



OZEANDÜNGUNG

Bei der Ozeandüngung wird z. B. der Mikronährstoff Eisen in Form von Eisensulfat ins Meer eingebracht, um das Wachstum von Algen anzuregen.¹⁶ An der Meeresoberfläche binden Algen durch die Photosynthese das im Wasser gelöste CO₂, wodurch der Ozean wiederum mehr CO₂ aus der Atmosphäre aufnehmen kann [2].¹⁷ Nachdem die Algen abgestorben sind, sinkt ein kleiner Teil in tiefe Meeresschichten ab, bevor das CO₂ durch den bakteriellen Abbau wieder freigesetzt wird.¹⁸ Dort könnte das CO₂ mehrere hundert Jahre gespeichert werden, bis ein Großteil des gespeicherten CO₂ durch Meeresströmungen wieder an die Oberfläche gebracht wird und in die Atmosphäre ausgast.¹⁶

Daher ist hiermit keine dauerhafte CO₂-Speicherung zu erreichen, sondern nur eine Verzögerung der Erderwärmung.¹⁹ Durch die Ozeandüngung könnten jährlich bis zu 4 Gt CO₂ aus der Atmosphäre entfernt werden, zu Kosten zwischen 2 bis 500 US-Dollar pro Tonne CO₂.^{13,14} Allerdings könnte diese Methode Ökosysteme schädigen: Beispielsweise könnten sich für Meeresbewohner schädliche Kieselalgen ausbreiten und Sauerstoffmangel in tiefen Meeresschichten auftreten.^{15,16}



POLITIK, WIRTSCHAFT UND GESELLSCHAFT

In den Kapiteln zuvor wurde beschrieben, welche zahlreichen Maßnahmen in den nächsten Jahrzehnten konkret umgesetzt werden müssen, um das 1,5-Grad-Limit einzuhalten.

Dazu benötigt es jedoch **auch grundlegende Veränderungen der wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen**, die auf den folgenden Seiten dargestellt werden: neue Formen der internationalen Zusammenarbeit, finanzielle Anreizsysteme, Verbote, Digitalisierung, sozialverträgliche Gestaltung der Veränderungen usw.

REFORM DES WIRTSCHAFTSSYSTEMS	100
INSTRUMENTE DER POLITIK	101
CO ₂ -BEPREISUNG	102
GRÜNE FINANZEN	107
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT	108
SOZIALVERTRÄGLICHER WANDEL	111
DIGITALISIERUNG	113
NUDGING	114
KLIMAAANPASSUNGEN	115

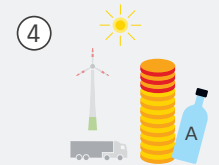





POLITIK, WIRTSCHAFT UND GESELLSCHAFT
ZIEL DER CO₂-BEPREISUNG

CO₂-Bepreisung bedeutet, dass die Verursacher von CO₂ für jede ausgestoßene Tonne CO₂ einen Preis zahlen müssen (z. B. Kohlekraftwerksbetreiber, Stahlproduzenten, Tankstellenbetreiber oder Heizöllieferanten).¹ Genau wie z. B. Materialausgaben, berechnen Unternehmen diese zusätzlichen Kosten in ihre Produkte mit ein, wodurch diese teurer werden und indirekt auch die Bürger den CO₂-Preis zahlen.^{2,3}

Somit werden vor allem klimaschädliche Produktionsweisen und klimaschädliches Verhalten teurer, wodurch sowohl für Unternehmen als auch Privatpersonen ein finanzieller Anreiz geschaffen wird, sich klimafreundlicher zu verhalten.⁴⁻⁶ Wie dieser Anreiz funktioniert, wird im Folgenden schematisch anhand des Kaufs einer Flasche dargestellt.

		<p>Zwei wiederbefüllbare Trinkflaschen (A und B) sehen gleich aus und funktionieren gleich gut. Flasche B ist günstiger, somit würden Privatpersonen diese kaufen.</p>
		<p>Der Käufer erfährt nun, dass Flasche A im Gegensatz zur anderen klimafreundlicher produziert wurde (mit erneuerbaren Energien und Transport mit dem LKW). Trotz dieser Information wird weiterhin fast immer die günstigere gekauft. Ganz abgesehen davon, fehlen solche Informationen bei den meisten Kaufentscheidungen.</p>
		<p>Durch die Einführung eines CO₂-Preises werden zwar beide Flaschen teurer, die klimaschädliche aber umso mehr. Dadurch wird die klimafreundliche Flasche im Vergleich preiswerter und eher gekauft. Die Bürger haben somit einen finanziellen Anreiz, sich klimafreundlicher zu verhalten.</p>

		<p>Um konkurrenzfähiger zu sein, wird Produzent B seinen CO₂-Ausstoß reduzieren – z. B. durch die Umstellung auf erneuerbare Energien – sodass seine Ausgaben für den CO₂-Preis sinken und er seine Flasche wieder günstiger anbieten kann.</p>
		<p>Auch Produzent A wird seinen CO₂-Ausstoß reduzieren, um ebenfalls weniger für den CO₂-Preis zu zahlen und z. B. auf Wasserstoff-LKW setzen oder in ganz neue klimafreundliche Technologien investieren.</p>

Mit der Einführung eines CO₂-Preises wird klimaschädliches Verhalten verteuert und klimafreundliches Verhalten attraktiv: Wenn es für Unternehmen günstiger ist, ihren CO₂-Ausstoß zu reduzieren als einen CO₂-Preis zu zahlen, werden sie ihre Emissionen senken.⁷

Privatpersonen können sich ebenfalls ausrechnen, ob z. B. ein E-Auto günstiger ist als ein Verbrenner, da die Kraftstoffpreise durch den CO₂-Preis steigen, oder ob eine Wärmepumpe günstiger ist als eine Ölheizung, da die Preise für Heizöl steigen.⁸ Es wird also ein direkter finanzieller Anreiz für Unternehmen und Privatpersonen geschaffen, ihren CO₂-Ausstoß zu reduzieren und Investitionen in neue klimafreundliche Technologien werden attraktiver.^{9,10}

Beim Umstieg auf klimafreundliche Technologien können Angestellte teilweise in neue Industrien übernommen werden.¹ Einige, wie z. B. in der Verwaltung, können fast dieselben Aufgaben übernehmen, während Andere neue Fähigkeiten erlernen müssen.² Beispielsweise können Arbeitskräfte in der Fertigung umgeschult werden, um E-Autos, Batterien, Solarpanels oder Windkraftanlagen zu bauen, während Elektrofachkräfte weitergebildet werden können, um PV-Anlagen, Wärmepumpen und Ladesäulen zu installieren.^{3,4}

Manche Weiterbildungen dauern nur wenige Monate, andere Umschulungen einige Jahre.⁵ In diesen Fällen müssen Unternehmen, Gewerkschaften und die Politik frühzeitig gemeinsam Angebote entwickeln, sodass Umschulungen teilweise berufsbegleitend stattfinden können.⁶ Dadurch und mit den folgenden Ansätzen kann ein Strukturwandel aktiv gestaltet werden.

Politik kann Unternehmen höhere Forschungsgelder in Aussicht stellen, wenn sie Produktionsstätten für klimafreundliche Technologien in Strukturwandel-Regionen aufbauen und somit neue Arbeitsplätze schaffen.⁸ Entscheidend für die langfristige Ansiedlung von Unternehmen ist zudem die Verbesserung der Infrastruktur wie z. B. der Glasfaserausbau.⁹

Frühzeitiger Bau von Bildungs- und Forschungseinrichtungen bzw. Setzung neuer Forschungsschwerpunkte an bestehenden Universitäten, aus denen neue Unternehmen hervorgehen.⁷

Manche Regionen sind hauptsächlich von einer klimaschädlichen und nicht umstrukturierenden Industrie abhängig. Bevölkerungsabwanderung kann daher nicht überall verhindert werden. Lohnverluste können übergangsweise durch soziale Sicherungssysteme kompensiert und Umzüge finanziell unterstützt werden.¹⁰



Keine falschen Versprechen zur Zukunftsfähigkeit von Industrien machen, die sich einige Jahre später als falsch erweisen, da sie soziale Verwerfungen verschärfen und zu Frustration in den betroffenen Regionen führen.¹¹



Durch eine langfristig angelegte, transparente und glaubwürdige Klimapolitik, könnten über viele Jahre Mitarbeiter, die Stellen in nicht zukunftsfähigen Bereichen innehaben, in Rente gehen und vor allem kann die Neubesetzung durch junge Mitarbeiter verhindert werden, die stattdessen direkt in neuen Industrien ausgebildet werden.¹²



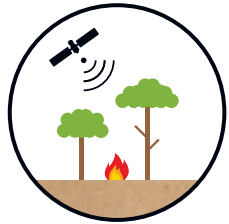
Frühzeitiger und regelmäßiger Austausch aller Interessensgruppen wie Unternehmen, Beschäftigte, Gewerkschaften, Politik und Zivilgesellschaft. So können mögliche Verwerfungen identifiziert und abgemildert werden, jedoch können letztendlich nie alle Bedürfnisse vollständig berücksichtigt werden.¹³⁻¹⁵



Identitätsverlust in den Regionen verhindern

Beispielsweise können alte Anlagen in die neue Infrastruktur integriert werden, z. B. als Veranstaltungszentren, Museen oder Erholungsparks. Zudem kann u. a. durch Kampagnen, Schulprojekte oder die Einbeziehung der Menschen in die Gestaltung der Umgebung eine neue Identifikation geschaffen werden, wie z. B. von der Kohleregion zur Sonnen- oder Batterieregion.^{16,17}





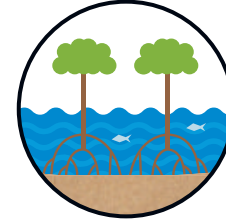
Pflanzung von Bäumen, die zukünftigen klimatischen Bedingungen standhalten und Mischung von Baumarten, um genetische Vielfalt und damit die Stabilität des Waldes zu erhöhen.¹

Softwareentwicklung zur **frühzeitigen Erkennung von Waldbränden** mittels Satelliten, um diese möglichst einzugrenzen.²

Weiterentwicklung von Impfstoffen gegen Tropenkrankheiten (z. B. das Dengue-Fieber), da sich die übertragenden Mückenarten durch den Klimawandel z. B. auch in Europa und den USA ausbreiten.^{3,4}

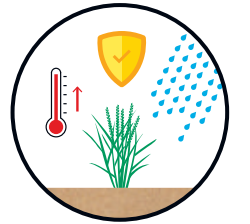
Stresstests für Krankenhäuser durchführen, für den Fall, dass an extremen Hitzetagen viele Menschen in Krankenhäuser kommen.⁵

Anpassung von Gebäuden zur Vermeidung von Hitzestress, insbesondere dort, wo sich vulnerable Gruppen aufhalten wie in Kindergärten, Krankenhäusern oder Altersheimen.⁶



Pflanzung von Mangrovenwäldern könnte weltweit 18 Millionen Menschen vor Überschwemmung schützen und Fischbestände sichern.⁷

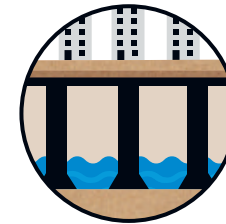
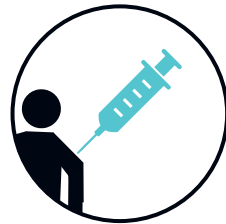
Landwirte weltweit dabei beraten, **hitze- oder überschwemmungsresistente Früchte** anzubauen.⁸ Auf der anderen Seite werden aber auch z. B. in kühlen Regionen wie Nordeuropa Ernteerträge durch den Klimawandel steigen.⁹



Schaffung von unterirdischen Räumen, in die Wasser bei Starkregen abfließen kann, um Überschwemmungen zu verhindern (z. B. in Tokio).¹⁰

Wiederherstellung von Schleifen und Auen bei begradigten Flüssen und Schaffung von Überschwemmungsgebieten, damit diese bei Starkregen gezielt überschwemmen können.¹¹

Flächendeckende Frühwarnsysteme, z. B. vor Hitzebelastungen und Überschwemmungen retten Menschenleben und reduzieren finanzielle Schäden schätzungsweise um 30 %.⁷



UNSERE UNTERSTÜTZER WISSENSCHAFTLER

Wir bedanken uns herzlich bei allen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die uns mit zahlreichen interessanten Gesprächen sowie vielen Kommentaren und Anregungen zu unseren Texten bei der Erstellung des Buches unterstützt haben!

Unterstützt durch die



Prof. Dr. Bruno Abegg | Dr. Thorben Amann | Prof. Dr. Matthias Arenz | Dr. Tiemo Arndt | Prof. Dr. Folkard Asch | Prof. Thomas Auer | Dr. Florian Ausfelder | Prof. Dr. Hermann W. Bange | Dr. Hubertus Bardt | Dr. Christian Barthlott | Prof. Dr. Jürgen Bausch | Prof. Dr. Jürgen Baumüller | Prof. Dr. Udo Becker | Prof. Dr. Christian Beidl | Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein | Dr. Erika Bellmann | Dr. Jürgen Bender | Dr. Phillip Bendix | Claudio Beretta | Prof. Dr. Gerhard Berz | Prof. Dr. Andreas Bett | Dr. Michael Bilo | Dr. Boris Biskaborn | Prof. Dr. Dagmar Hella Borchers | Dr. Anna Braune | Dr. Susanne Breitner-Busch | Prof. Dr. Robert Bronsart | Dr. Viktor J. Bruckman | Prof. Dr. Thomas Bruderermann | Prof. Dr. Helge Bruelheide | Julia Brugger | Dr. Hendrik Bruns | Dr. Michael Buchwitz | Prof. Dr. Jakob Burger | Dr. Martin Comes | Prof. Dr. Po Wen Cheng | Prof. Dr. Stephan Clemens

Prof. Dr. Martin Dameris | Dr. Wolfram Dietz | Prof. Dr. Roland Dittmeyer | Dr. Axel Don | Prof. Dr. Bettina Eichler-Löbermann | Prof. Dr. Olaf Eisen | Dr. Johannes Emmerling | Prof. Dr. Natalie Eßig | Dr. Michael Felderhoff | Dr. Georg Feulner | Prof. Dr. Andreas Fink | Prof. Dr. Manfred Norbert Fisch | Prof. Dr. Manfred Fishedick | Prof. Dr. Philipp Fleiger | Dr. Mark Fleischhauer | Prof. Dr. Heinz Flessa | Dr. Andreas Fliessbach | Dr. Sarah Fluchs | Prof. Dr. Michael Frei | Prof. Dr. Markus Friedrich | Dr. Achim Friker | Dr. Sarah Fuchs | Prof. Dr. Martin Funk | Prof. Dr. Sabine Fuss | Dr. Oliver Geden | Dr. Roland Geres | Dr. Christoph Gerhards | Prof. Dr. Claas Christian GERMELMANN | Prof. Dr. Bruno Glaser | Prof. Dr. Dietmar Göhlich | Dr. Daniel Goll | Dr. Pia Gottschalk | Prof. Dr. Stefan Greiving | Prof. Dr. Henny Annette Grewe | Prof. Dr. Sven Groß | Dr. Reinhard Grünwald | Prof. Dr. Daniel Gstöhl | Prof. Dr. Georg Guggenberger | Dr. Antoine Habersetzer | Prof. Dr. Wilfried Hagg | Prof. Dr. Gerhard Haimerl | Dr. Michel Haller | Prof. Dr. Richard Hanke-Rauschenbach | Dr. Martin C. Hänsel | Simone Häußler | Dr. Luke Haywood | Prof. Dr. Dirk Hebel | Majana Heidenreich | Prof. Dr. Martin Heimann | Dr. Johannes Hendricks | Prof. Dr. Janin Henkel-Oberländer | Lena Hennes | Prof. Dr. Hans-Martin Henning | Dr. Lukas Hermwille | Prof. Dr. Jens Hesselbach | Dr. Esther Hoffmann | Prof. Dr. Martina Hofmann | Prof. Dr. Niklas Höhne | Prof. Dr. Marc Hölling | Dr. Georg Holtz | Prof. Dr. Peter Höpfe | Dr. Mario Hoppema | Dr. Richard Huber | Prof. Dr. Angelika Humbert | Dr. Michael Jakob | Prof. Dr. Clemens Jauch | Prof. Dr. Anke Jentsch-Beierkuhnlein | Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joosten | Dr. Hendrik Junge | Dr. Kristin Jürkenbeck | Dr. Johannes Karstensen | Prof. Dr. Wolfgang Kath-Petersen | Stefan Kinne | Dr. Almut Kirchner | Prof. Dr. Gernot Klepper | Dr. Stefan Klotz | Prof. h.c. Dr. Joachim Knebel | Prof. Dr. Peter Knippertz | Prof. Dr. Thomas Kohl | Dr. Peter Köhler | Dr. Robert Kohrs

Prof. Dr. Przemyslaw Komarnicki | Dr. Angela Köppl | Dr. Monika Köppl-Turyna | Dr. Christoph Kost | Dr. Martina Krämer | Prof. Dr. Martin Kranert | Dr. Sylvia Kratz | Prof. Dr. Michael Kreuzer | Dr. Michael Kröner | Prof. Dr. Ulrich Krupp | Prof. Dr. Andrea Kruse | Prof. Dr. Dr. Olaf Kühne | Prof. Dr. Michael Kunz | Prof. Dr. Wilhelm Kuttler | Prof. Dr. Klaus Lackner | Damien Lakacz | Dr. Peter Landschützer | Dirk Lechtenberg | Dr. Jens Leifeld | Prof. Dr. Thomas Leisner | Prof. Dr. Claus Leitzmann | Dr. Christine Lemaitre | Dr. Andreas Lemmer | Dr. Josefine Lenz | Dr. Kai Lessmann | Prof. Dr. Ingeborg Levin | Prof. Dr. Mario Liebensteiner | Prof. Dr. Nick Lin-Hi | Dr. Christian Lininger | Prof. Dr. Gerrit Lohmann | Prof. Dr. Hermann Lotze-Campen | Dr. Reinhard Mackensen | Octavio Marin-Enriquez | Prof. Dr. Stefanie Marker | Prof. Dr. Ben Marzeion | Prof. Dr. Katja Matthes | Dr. Volker Matthias | Prof. Dr. Andreas Matzarakis | Prof. Dr. Roland Menges | Dr. Christine Merk | Prof. Dr. Konrad Mertens | Dr. Marie Muehe | Prof. Christoph Müller | Dr. Tobias Naegler | Dr. Björn Nagel | Prof. Dr. Matthias Niedrig | Dr. Ulrike Niemeier | Prof. Dr. Thomas Nussbaumer | Prof. Dr. Pao-Yu Oei | Prof. Dr. Dirk Olbers | Dr. Marilena Oltmanns | Prof. Dr. Antje Orths | Prof. Dr. Andreas Oschlies | Prof. Dr. Jürgen Oßenbrügge | Prof. Dr. Ilona Otto | Felix Pag | Dr. André Paul | Dr. Sonja Paul | Prof. Dr. Friedbert Pautzke | Dr. Martin Pehnt | Dr. André Pereira | Prof. Dr. Ralf Peters | Prof. Dr. Hans-Jürgens Pfisterer | Dr. Christoph Pistner | Prof. Dr. Britta Planer-Friedrich | Prof. Dr. Barbara Praetorius | Dr. Miriam Prys | Dr. Roland Psenner | Prof. Dr. Florian Puch | Dr. Marco Pütz | Prof. Dr. Martin Qaim | Prof. Dr. Johannes Quaas | Prof. Dr. Martin F. Quaas | Prof. Dr. Matin Quaim | Prof. Dr. Markus Quante | Dr. Volker Rachold | Prof. Dr. Kathrin Rehdanz | Prof. Dr. Matthias Reich | Prof. Dr. Beat Reidy | Prof. Dr. Lucia Reisch | Prof. Dr. Dr. Ortwin Renn | Dr. Maximilian Reuter | Prof. Dr. Ulf Riebesell | Dr. Mattia Righi

Dr. Thomas Rinder | Prof. Dr. Guido Ritter | Prof. Dr. Clemens Rohde | Dr. Elinor Rombach | Dr. Christina Rooffs | Kerstin Rosenberger | Prof. Dr. Mathias Rotach | Prof. Dr. Cord-Christian Rossow | Dr. Jörg Rothermel | Prof. Dr. Torsten Sachs | Dr. Sascha Samadi | Dr. Remzi Can Samsun | Dr. Ingo Sasgen | Prof. Dr. Alexander Sauer | Prof. Dr. Hans Schäfers | Dipl.-Ing. Carolin Schäfer-Sparenberg | Prof. Dr. Bernhard Schauburger | Dr. Janina Scheelhaase | Dipl.-Geogr. Lukas Schefczyk | Prof. Dr. Jürgen Scheffran | Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joachim Schellnhuber | Prof. Dipl. Werner Schenk | Dr. Barbara Schlomann | Dr. Hauke Schmidt | Prof. Dr. Mario Schmidt | Prof. Dr. Jürgen Schmude | Dr. Alexandra Schneider | Clemens Schneider | Prof. Dr. Christian-Dietrich Schönwiese | Prof. Dr. Fritz-Gerald Schröder | Prof. Dr. Josef Settele | Dipl.-Geogr. Stefan Seum | Prof. Dr. Carsten Sommer | Dr. Sebastian Sonntag | Dr. Melanie Speck | Prof. Dr. Ingo Stadler | Prof. Dr. Bjarne Steffen | Prof. Dr. Robert Steiger | Dr. Christian Stepanek | Dr. Burkhard Stever-Schoo | Prof. Dr. Ingrid Stober | Julian Tangermann | Dr. Franziska Tanneberger | Prof. Dr. Daniela Thrän | Dr. Bärbel Tiemeyer | Prof. Dr. Stefan Traub | Prof. Dr. Sibylle Treude | Dr. Manfred Trimborn | Dr. Falko Ueckerdt | Prof. Dr. Martin Visbeck | Prof. Dr. Olena Volkova | Prof. Dr. Petra von Both | Prof. Dr. Christoph von Hagke | Prof. Dr. Thomas von Unwerth | Dr. Mathis Wackernagel | Dr. Frank Wagner | Prof. Stefan Wahlen | Prof. Dr. Achim Walter | Prof. Dr. Heinz Wanner | Dr. Reiner Wassmann | Dr. Dirk Weichgrebe | Prof. Dr. Anke Weidenkaff | Prof. Dr. Anke Weidlich | Dr. Rolf Weller | Dr. Martin Werner | Prof. Dr. Silke Wieprecht | Prof. Dr. Nick Wierckx | Prof. Dr. Susanne Wiese-Willmaring | Dr. Martin Wiesmeier | Dr. Caroline Willich | Dr. Harry Wirth | Prof. Dr. Georg Wohlfahrt | Prof. Dr. Nicole Wrage-Mönnig | Dr. Winfried Zacher | Prof. Dr. Harald Zeiss | Ole Zelt | Prof. Dr. David Zogg | Dr. Ulrich Zuberbühler

UNSERE UNTERSTÜTZER DANKE!

Wir bedanken uns bei der Stiftung Umwelt und Natur der Sparda-Bank Baden-Württemberg und allen uns unterstützenden Institutionen und Unternehmen für das erbrachte Vertrauen in uns und unser Buchprojekt. Erst mit ihrer Unterstützung haben wir unser Vorhaben in die Tat umsetzen können. Auch möchten wir uns bei allen bedanken, die uns während des gesamten Projektes mit Rat und Tat zur Seite standen!



Die Stiftung Umwelt und Natur wurde 2020 von der Sparda-Bank Baden-Württemberg gegründet. Sie setzt sich dafür ein, das ökologische Engagement der Genossenschaftsbank noch weiter auszuweiten. Gefördert werden sowohl lokale Projekte wie Bienenhotels für den Artenschutz, als auch überregionale wie dieses Buch zum Klimaschutz. Ziel aller Projekte ist es, dabei immer einen Beitrag zur Lösung aktueller Umweltprobleme zu leisten und damit die Lebensqualität auf unserer Erde zu erhalten.

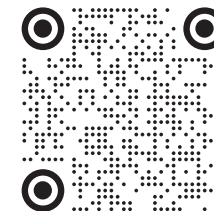
WER ES GENAUER WISSEN MÖCHTE LITERATURVERZEICHNIS

Jeden in unserem Buch aufgeführten Verweis können Sie in unserem **digitalen Literaturverzeichnis nachschlagen**. Hier haben Sie die Möglichkeit zu sehen, welche Literatur bei einer angegebenen Zitation herangezogen wurde.

Außerdem finden Sie **interessante weiterführende Literatur und Webseiten** für einen tieferen Einstieg in einzelne Themengebiete.

Das Literaturverzeichnis können Sie über den QR-Code wie folgt aufrufen:

1. Laden Sie eine **QR-Code Scanner App** auf Ihr Smartphone oder Tablet.
2. Scannen Sie den **untenstehenden QR-Code:**



3. Es öffnet sich das digitale Literaturverzeichnis. Durch einen Klick auf die entsprechende Seite werden alle dort verwendeten Literaturverweise angezeigt.

Das digitale Literaturverzeichnis können Sie auch über folgenden Link erreichen:

www.klimawandel-buch.de/literaturverzeichnis



WER DAHINTER STECKT

IMPRESSUM

Autoren

David Nelles
Christian Serrer

Starenweg 19
88045 Friedrichshafen
Germany

info@klimawandel-buch.de
www.klimawandel-buch.de

Illustrationen

Eva Künzel
www.evakuenzel.de

Jörg Maier
www.joerg-maier.de

Satz & Layout

Marc Schultes
www.marcschultes.com

Max Poertgen
(Groblayout)

Koordination

(Illustrationen, Satz & Layout)
tremoniamedia
Plauener Straße 21
44139 Dortmund
www.tmf.de

Lektorat

Karin Schwind
www.schreibimpuls.de

Korrektorat

Ulrike Brandhorst
brandhorst@tragat.de

Sonja Häußler

sonja.haeussler@gmail.com

Farbmanagement

Gennaro Marfucci
www.die-lithografen.de

Druck

bonitasprint gmbh
Max-von-Laue-Straße 31
97080 Würzburg
www.bonitasprint.de

Papier

Das für dieses Buch verwendete FSC®-zertifizierte Umschlags-Papier „Surbalin seda“ lieferte die Peyer Graphic GmbH. Für den Innenteil wurde das mit dem Blauen Engel ausgezeichnete 100 % Recyclingpapier „Circle Offset Premium White“ verwendet.

Auflage

Die erste Auflage des Buches „Machste dreckig – Machste sauber: Die Klimailösung“ ist wie folgt gekennzeichnet: ISBN: 978-3-9819-650-1-8



Fotografien des Umschlags, der Buchhandelsversion

Prof. Dr. Harald Lesch:
Sven Plöger:
Mirko Drotschmann:
Dr. Eckart von Hirschhausen:
Prof. Dr. Claudia Kemfert:

© ZDF
© Sebastian Knoth
© objektiv media GmbH
© Dominik Butzmann
© Carolin Windel



© Copyright 2021 David Nelles und Christian Serrer

Alle Inhalte, insbesondere Texte und Grafiken sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Veröffentlichung, Bearbeitung und Übersetzung, bleiben vorbehalten. Sofern nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, liegt das Urheberrecht bei David Nelles und Christian Serrer.

Eine Nutzungserlaubnis der Texte und Grafiken kann bei David Nelles und Christian Serrer angefragt werden.

Sollte Ihnen ein inhaltlicher Fehler auffallen, so zögern Sie bitte nicht uns zu kontaktieren: info@klimawandel-buch.de



An dieser Stelle wollen wir uns bei all denjenigen bedanken, die uns besonders in der heißen Schlussphase unterstützt und unsere Texte Probe gelesen haben – ohne euch hätten wir das nicht geschafft!

WER DAHINTER STECKT ÜBER DIE AUTOREN

David Nelles und Christian Serrer studieren Wirtschaftswissenschaften am Bodensee. Naja, ehrlich gesagt auch nur eigentlich, denn vor vier Jahren wollten sich die Beiden ein eigenes Bild in der oft sehr chaotischen Debatte über den Klimawandel machen. Dazu suchten sie ein Buch, das anschaulich, wissenschaftlich fundiert und mit kurzen Texten das A und O des Klimawandels erklärt. Da ihre Suche erfolglos endete, entschieden sie sich kurzerhand, ein solches Buch selbst zu schreiben. Heraus kam der SPIEGEL-Bestseller und das mittlerweile meistverkaufte Buch über die Ursachen und Folgen des Klimawandels: „Kleine Gase – Große Wirkung“.

Fest im Thema verankert ist es David und Christian mittlerweile ein Herzensanliegen geworden, über den Klimawandel zu informieren. Deshalb haben sie in den vergangenen Jahren zahlreiche Vorträge für die Öffentlichkeit, aber auch für Unternehmen und die Politik gehalten. Um jedoch noch mehr Menschen zu zeigen, wie der Klimawandel gestoppt werden kann, haben sie dieses zweite Buch über die Lösung des Klimaproblems geschrieben.



In Zukunft wollen die beiden auch mit dem YouTube-Kanal „Klima Wandel Dich“ über die Klimailösungen informieren sowie mit ihrer Bildungsplattform „Klimafabrik“ Unternehmen, Kommunen und die Politik bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen unterstützen. Mit all ihren Projekten wollen David und Christian dazu beitragen, die Erderwärmung zu stoppen und besonders auch dazu motivieren, nicht den Kopf in den Sand zu stecken, sondern anzupacken und selbst Teil der Lösung zu werden.

