



KLEINE GASE – GROSSE WIRKUNG DER KLIMAWANDEL

DAVID NELLES & CHRISTIAN SERRER

kurz
anschaulich
verständlich



Die öffentliche Debatte über den Klimawandel ist vielfach von Missverständnissen und mitunter falschen Schlussfolgerungen geprägt. Daher fällt es oft schwer, zwischen wissenschaftlich belegten Argumenten und Fehlinformationen zu unterscheiden. Was sind die konkreten Ursachen des Klimawandels und wie stark trägt der Mensch zur globalen Erwärmung bei? Treten Stürme und Überschwemmungen bereits häufiger auf, müssen wir mehr Ernteaussfälle befürchten und welchen Einfluss hat der Klimawandel auf unsere Gesundheit?

Munich Re beschäftigt sich seit fast einem halben Jahrhundert mit den Risiken des Klimawandels. Als Rückversicherer gleichen wir nach Naturkatastrophen nicht selten Schäden in Milliardenhöhe aus. Daher müssen wir die Auswirkungen der globalen Erwärmung genau kennen.

Dieses Buch, initiiert von zwei Studenten und unterstützt von mehr als einhundert Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, gibt einen umfassenden Einblick in den aktuellen Stand des Wissens. Kurze Texte mit den wichtigsten Fakten werden mit anschaulichen Illustrationen kombiniert, um in kürzester Zeit eine Vorstellung davon zu bekommen, was der Klimawandel ist und welche Folgen er hat. Fundierte Informationen von höchster Bedeutung für uns alle, die zugleich leicht zu verstehen sind.

Ernst Rauch

Chef-Klima- und Geowissenschaftler | Munich Re

Prof. Dr. Dr. Peter Höppe

Leiter i.R. Geo Risiko Forschung | Munich Re

Vorwort

KLEINE GASE – GROSSE WIRKUNG DER KLIMAWANDEL

DAVID NELLES UND CHRISTIAN SERRER



Mit Grafiken von Lisa Schwegler,
Stefan Kraiss und Janna Geisse

→ WIE DIESES BUCH ZU LESEN IST:

Hochgestellte Zahlen am Ende eines Satzes (».⁵«) verweisen auf die Herkunft der von uns geschilderten Informationen. Auf Seite 127 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.

KAPITEL 1
DAS KLIMA DER ERDE
06/07

KAPITEL 2
DIE MÖGLICHEN URSACHEN
DES KLIMAWANDELS
20/21

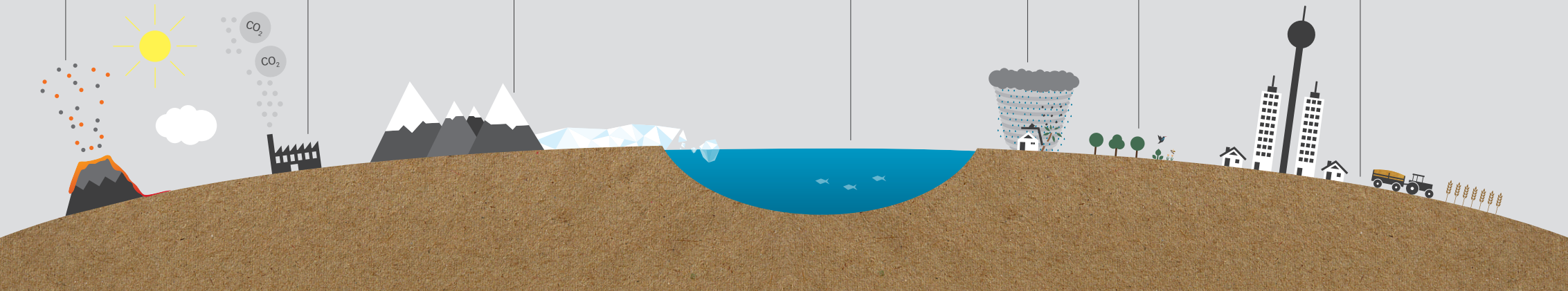
KAPITEL 3
DIE KRYOSPHERE
48/49

KAPITEL 4
DIE OZEANE
66/67

KAPITEL 5
WETTER- UND
KLIMAEXTREME
76/77

KAPITEL 6
DIE ÖKOSysteme
88/89

KAPITEL 7
DER MENSCH
102/103



DAS KLIMA DER ERDE

Das Klima ist die statistische Beschreibung des Wetters über einen langen Zeitraum – nach der Weltorganisation für Meteorologie umfasst dieser Zeitraum mindestens 30 Jahre.¹ Das Klima verändert sich – im Vergleich zum sich ständig wechselnden Wetter – also sehr langsam. Das Sinken der Temperatur um 5 °C von einem Tag auf den nächsten bedeutet somit etwas ganz anderes als eine Abkühlung des Klimas um 5 °C. Im letzten Fall würden wir uns in einem Klima wie in der letzten Eiszeit wiederfinden und Nordeuropa sowie Nordamerika wären dann wieder von dicken Eispanzern bedeckt.²

6
/
7

NATÜRLICHER TREIBHAUSEFFEKT — 8/9

NATÜRLICHE TREIBHAUSGASE — 10/11

VULKANE UND SONNE — 12/13

WOLKEN — 14/15

OZEANISCHE ZIRKULATION — 16/17

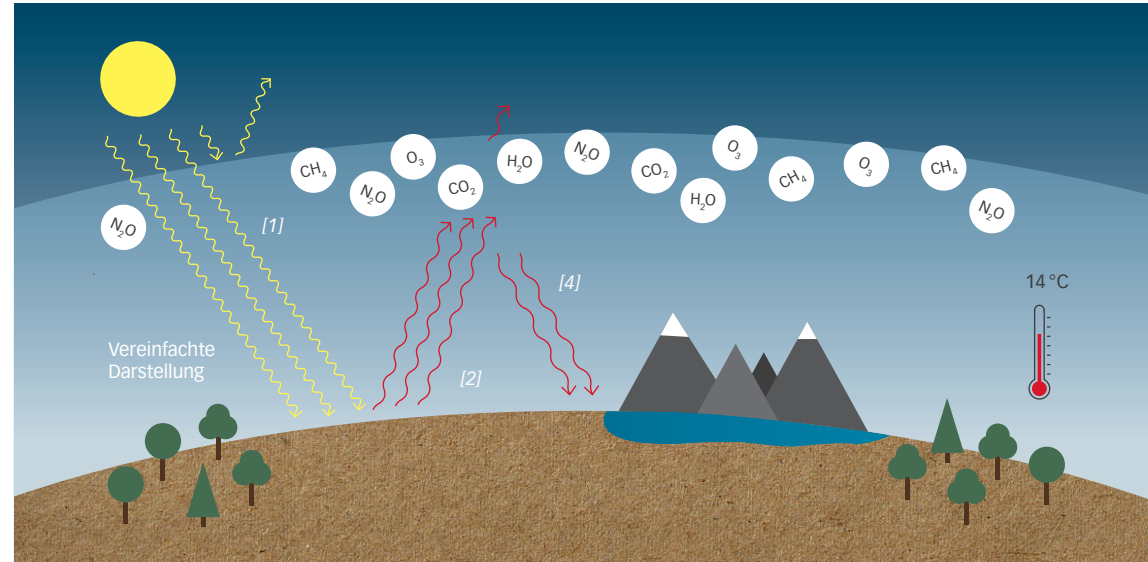
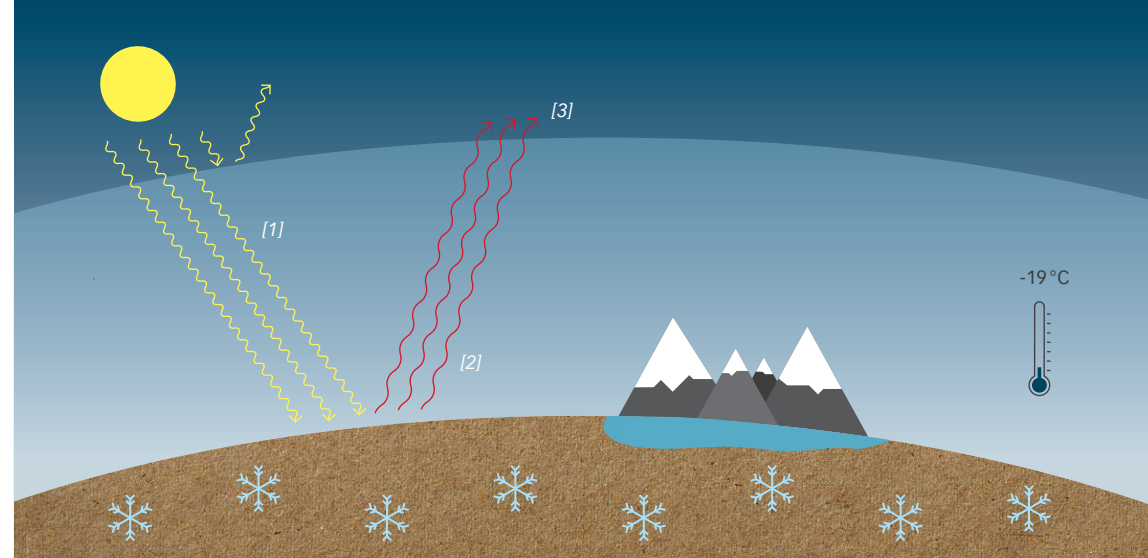
KLIMAGESCHICHTE — 18/19



NATÜRLICHER TREIBHAUSEFFEKT

Der größte Teil der Sonnenstrahlen durchdringt die Erdatmosphäre und trifft auf die Erdoberfläche [1]. Diese Strahlen werden von der Erde aufgenommen und als Wärmestrahlung wieder abgegeben [2].¹ Ohne die sich in der Erdatmosphäre befindenden Gase wie Wasserdampf (H_2O), Kohlenstoffdioxid (CO_2), Ozon (O_3), Lachgas (N_2O) und Methan (CH_4) würde die Wärmestrahlung wieder ungehindert ins Weltall entweichen [3].² Das Klima der Erde wäre dann etwa 33 °C kälter und die Erde wäre vollständig eingefroren.^{3,4}

Die genannten Gase verhindern jedoch den direkten Austritt der Wärmestrahlung aus der Erdatmosphäre.⁵ Sie nehmen einen großen Teil der Wärmestrahlung auf und geben ihn wieder in alle Richtungen – also auch in Richtung der Erdoberfläche – ab [4].⁴ Dadurch werden die darunter liegenden Luftschichten und der Erdboden nochmals erwärmt.⁶ Dieser natürliche Erwärmungseffekt wird als natürlicher Treibhauseffekt bezeichnet.² Die dafür verantwortlichen Gase werden natürliche Treibhausgase genannt und sorgen dafür, dass die globale Temperatur durchschnittlich bei ungefähr +14 °C liegt.⁷

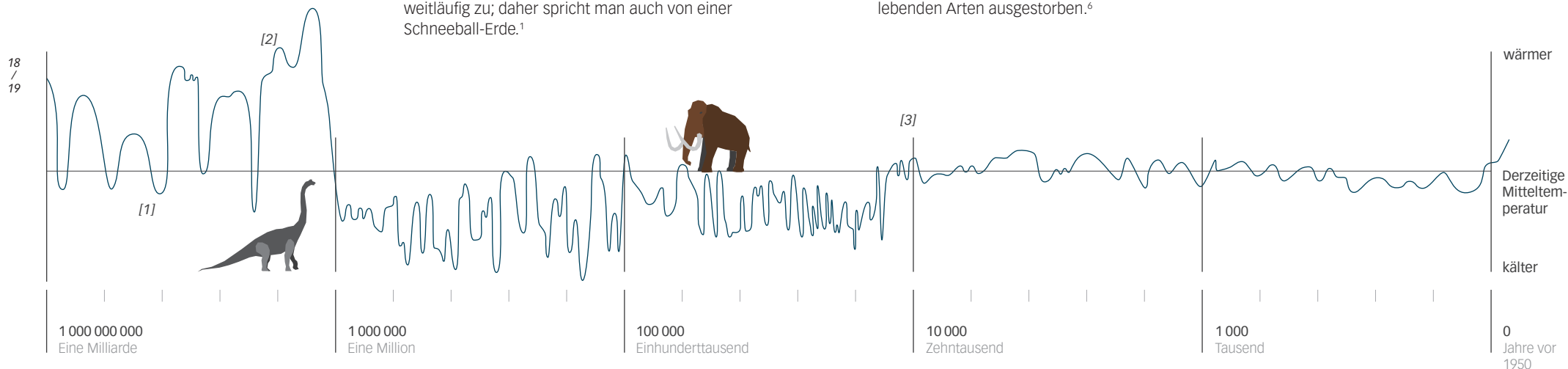


KLIMAGESCHICHTE

Im Laufe der Erdgeschichte hat sich das Klima ständig gewandelt, wobei auch immer wieder klimatische Extreme auftraten: Durch die schwache Sonnenstrahlung und die geringe Kohlenstoffdioxid-Konzentration in der Atmosphäre wurde vor etwa 700 Millionen Jahren die Sturtische Eiszeit ausgelöst [1]. Verstärkt durch die Eis-Albedo-Rückkopplung (S. 52) fror die Erdoberfläche weitläufig zu; daher spricht man auch von einer Schneeball-Erde.¹

Vor rund 250 Millionen Jahren wurden große Mengen Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Methan (CH_4) in die Atmosphäre freigesetzt [2].² Infolgedessen wurde zum einen der Treibhauseffekt verstärkt, sodass die Temperatur stark anstieg; zum anderen wurden die Ozeane saurer, da sie einen Teil der CO_2 -Emissionen aufnahmen (S. 68).^{3,4,5} Dadurch sind etwa 90% aller damals lebenden Arten ausgestorben.⁶

In den vergangenen 11.500 Jahren war das Klima der Erde relativ stabil [3], was dazu beigetragen hat, dass sich die moderne Gesellschaft entwickeln konnte.⁷

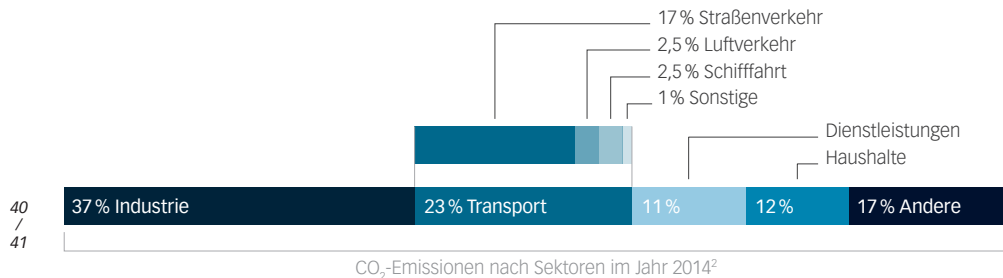


Schematische Darstellung der durchschnittlichen bodennahen Lufttemperatur auf der Nordhalbkugel

Hinweis zur Grafik: In den verschiedenen zeitlichen Abschnitten verläuft die Zeitskala linear.

Quelle: nach Schönwiese (2013)

KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN



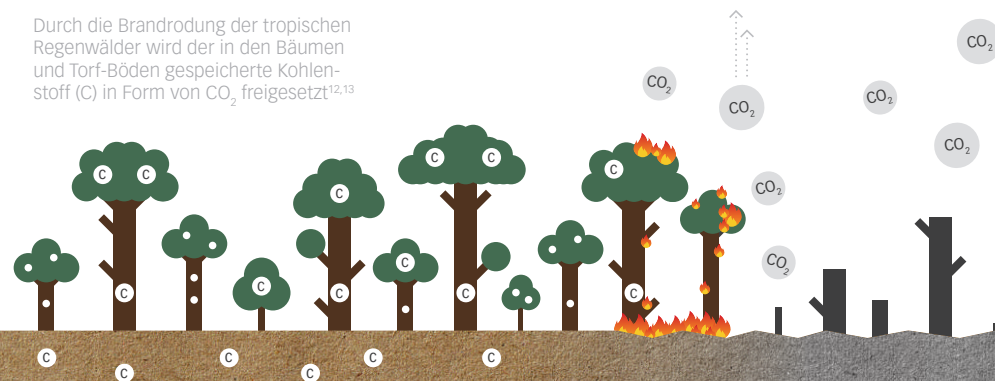
Anteile von Kohle, Öl und Gas an den Emissionen, die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen¹



Das Verbrennen fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl und Erdgas) zur Energiegewinnung war im Jahr 2014 für ca. 85 % des weltweiten CO₂-Ausstoßes verantwortlich; die Zementproduktion für 5 % und Landnutzungsänderungen für 10 %.¹ Damit wird deutlich, dass vor allem die Verbrennung fossiler Brennstoffe für den Anstieg der CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre verantwortlich ist. Wie die aus den fossilen Brennstoffen erzeugte Energie genutzt wird, zeigt das Diagramm auf der linken Seite.² Darunter erkennt man, dass die Kohle mit 44 % den größten Anteil an den Emissionen ausmacht, die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen.¹

Eine weitere Quelle von CO₂-Emissionen ist die Entwaldung, wie sie bereits vor einigen hundert Jahren in Europa und in Nordamerika stattgefunden hat.^{3,4} Aktuell werden vor allem die tropischen Regenwälder abgeholzt und gerodet, um Straßen zu bauen, Weideland zu erschließen, Holz zu gewinnen oder um Pflanzen wie Ölpalmen, Bananen, Soja und Kaffee für den Verkauf in andere Länder anzubauen (Landnutzungsänderungen).⁵⁻⁹ Dadurch und durch natürliche Ursachen (z. B. Waldbrände) ist im Zeitraum von 2000 bis 2009 eine Waldfläche von durchschnittlich 35 Fußballfeldern pro Minute verlorengegangen.^{10,11}

Durch die Brandrodung der tropischen Regenwälder wird der in den Bäumen und Torf-Böden gespeicherte Kohlenstoff (C) in Form von CO₂ freigesetzt.^{12,13}



DIE KRYOSPHÄRE

Als Kryosphäre wird die Gesamtheit aller Bereiche der Erde bezeichnet, auf denen Wasser in gefrorener Form vorkommt; somit alle schnee- und eisbedeckten Flächen, Gletscher und Permafrostböden.¹

48
/
49

Oberflächen haben die Eigenschaft einen gewissen Anteil der auftreffenden Strahlung zu reflektieren. Der Anteil der reflektierten Strahlung wird als Albedo bezeichnet.²

Unter Permafrost versteht man Untergrund, welcher über mindestens zwei Jahre hinweg Temperaturen von 0 °C oder weniger aufweist.³

ARKTIS — 50/51

EIS-ALBEDO-RÜCKKOPPLUNG — 52/53

LANDEIS — 54/55

GRÖNLANDEIS — 56/57

ANTARKTIS — 58/59

EIS- UND MEERESSPIEGELANSTIEG — 60/61

PERMAFROST — 62-65

Inlandeis entsteht durch Verdichtung von Schnee.²

Meereis entsteht durch Gefrieren des Meerwassers.²

Schelfeis entsteht durch »Fließen« von Inlandeis ins Meer.⁴

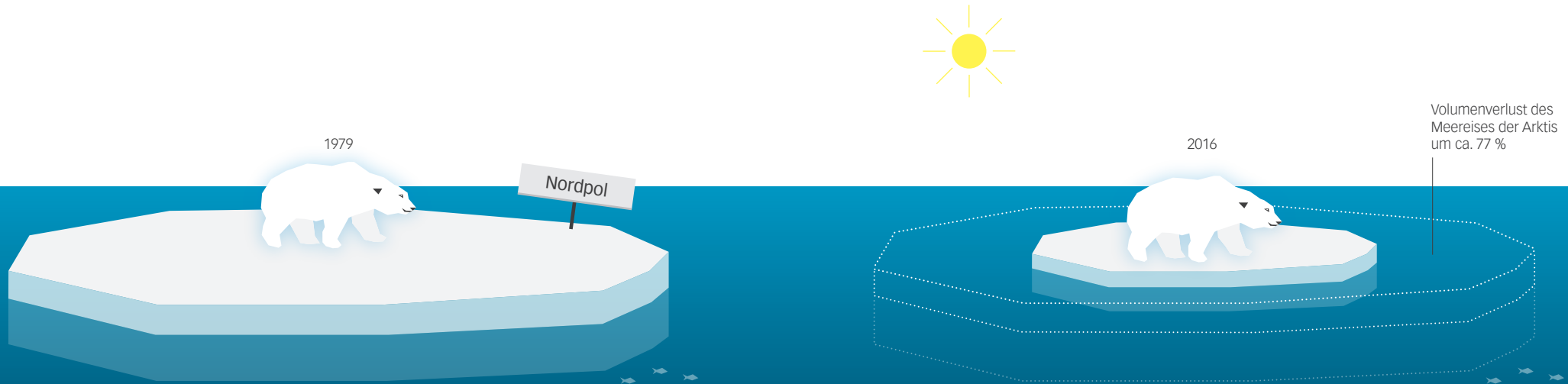


ARKTIS

Meereis entsteht durch Gefrieren von Meerwasser. Es hat eine geringere Dichte als Meerwasser und schwimmt deshalb an der Wasseroberfläche.¹ Es kann mehrere Meter dick werden, wobei nur etwa 12 % des Meereises aus dem Wasser ragen.^{2,3}

In der Arktis lassen sich die Folgen des Klimawandels besonders deutlich erkennen, da hier die Lufttemperatur deutlich stärker steigt als die durchschnittliche Lufttemperatur der gesamten Erde.^{4,5} Von 1979 bis 2016 ging die Fläche des Meereises der Arktis, gemessen jeweils im September, um ca. 43 % zurück. Dies entspricht einem jährlichen Rückgang einer Fläche, die

größer ist als Österreich.^{6,7} Im gleichen Zeitraum reduzierte sich auch die Eisdicke, sodass das Volumen um ca. 77 % abgenommen hat, was den gesamten Eisverlust des Meereises der Arktis verdeutlicht. Würde man diese Menge Eis über Deutschland verteilen, so wäre Deutschland mit einer über 33,5 Meter hohen Eisschicht bedeckt.^{8,9,10}



EIS-ALBEDO-RÜCKKOPPLUNG

Oberflächen haben die Eigenschaft, einen gewissen Anteil der auftreffenden Strahlung zu reflektieren.^{1,2} Beispielsweise reflektiert Schnee mehr Einstrahlung als eine waldbedeckte Fläche.³ Der Anteil der reflektierten Strahlung wird als Albedo bezeichnet.²

Schnee und Eis reflektieren einen hohen Anteil der einfallenden Strahlung zurück ins Weltall (hohe Albedo). Schmilzt eine mit Schnee oder Eis bedeckte Oberfläche durch höhere Temperaturen, wird die sich darunter befindende, meist dunklere Fläche – z. B. Wasser oder Gestein – freigelegt. Diese reflektiert nun deutlich weniger Strahlung (geringe Albedo) und erwärmt sich.³ Folglich nimmt auch die Erwärmung der Erde weiter zu, was zu einer noch größeren Schnee-

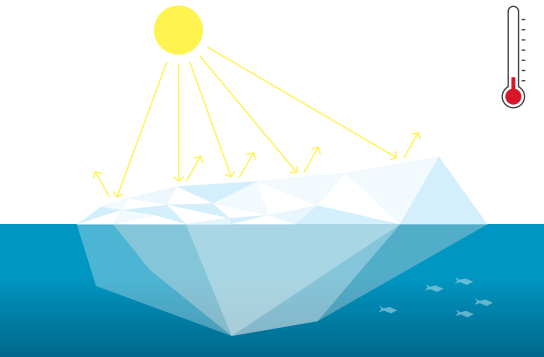
und Eisschmelze und einer zusätzlichen Erwärmung führt. Dieser sich selbst verstärkende Prozess wird als Eis-Albedo-Rückkopplung bezeichnet.⁴

Der Eis-Albedo-Rückkopplungseffekt spielt besonders in der Arktis eine wichtige Rolle. Durch ein vermehrtes Abschmelzen des Meereises im arktischen Sommer wird deutlich mehr Wärme vom Ozean aufgenommen als es bei Eis-

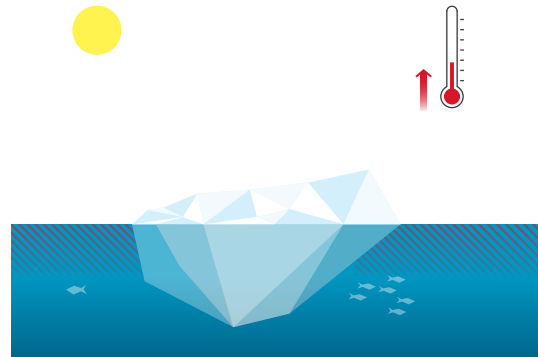
bedeckung der Fall wäre. Durch den entsprechend wärmeren Ozean schmilzt das Eis nun nicht nur durch die Sonneneinstrahlung, sondern auch vermehrt aufgrund des wärmeren Meerwassers, was den Schmelzeffekt zusätzlich verstärkt.⁵

→
Durch das Schmelzen von Schnee und Eis wird die Erwärmung der Erde verstärkt.

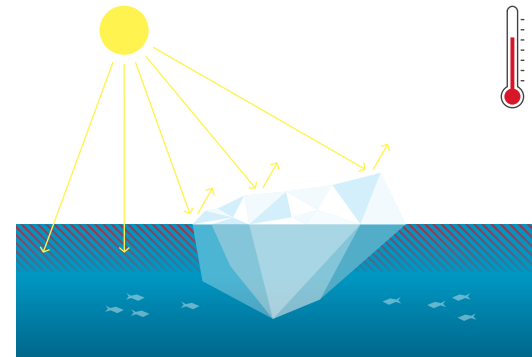
Ausgangssituation



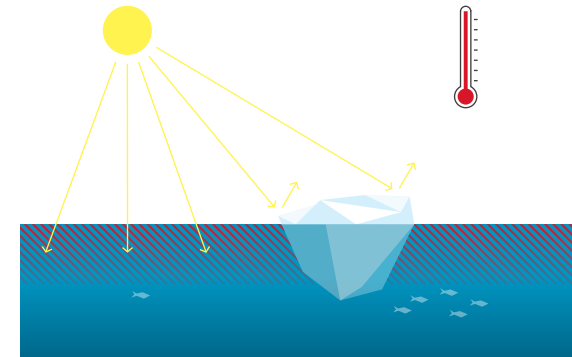
Das Eis schmilzt durch höhere Temperaturen



Weniger Sonnenstrahlung wird zurück ins All reflektiert



Rückkopplung verstärkt die Erwärmung



AUSWIRKUNGEN AUF DIE OZEANE

Von 1971 bis 2010 haben die Ozeane 93 % derjenigen Energie aufgenommen, die durch den menschengemachten Klimawandel zusätzlich auf der Erde gehalten wurde.¹ Hierdurch ist die Temperatur der Meeresoberfläche von 1880 bis 2015 um 0,8 °C gestiegen; auch die darunterliegenden Meeresschichten haben sich erwärmt.^{1,2} Außerdem werden die Ozeane saurer, da sie ca. 22 % der menschengemachten CO₂-Emissionen aufnehmen.³ Dadurch schwächen die Ozeane die globale Erwärmung der Atmosphäre ab. Die Meeresbewohner hingegen werden durch die Erwärmung und die Versauerung der Ozeane zunehmend unter Stress gesetzt (S. 100).⁴

Da sich Gase in warmen Flüssigkeiten schlechter lösen als in kalten, können wärmere Meere zum einen weniger menschengemachte CO₂-Emissionen aufnehmen.⁵ Somit wird die Pufferfunktion der Ozeane durch die fortschreitende Erwärmung immer mehr geschwächt.⁶ Zum anderen sinkt auch der Sauerstoffgehalt in den Ozeanen, wodurch die Meeresbewohner zusätzlich unter Stress gesetzt werden.⁷

Wo landet die Energie der globalen Erwärmung?¹

93 % Ozeane

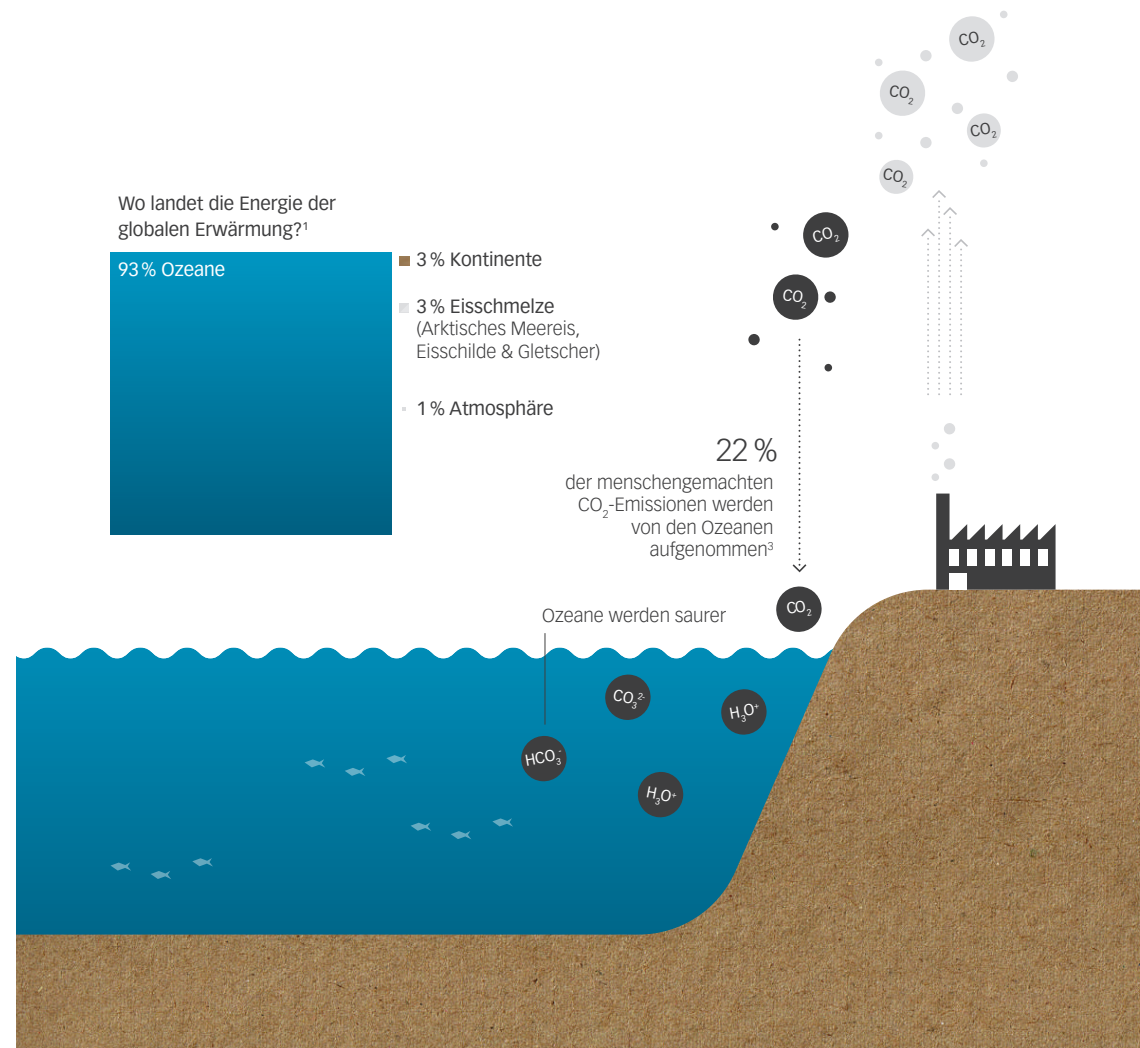
■ 3 % Kontinente

■ 3 % Eisschmelze
(Arktisches Meereis,
Eisschilde & Gletscher)

■ 1 % Atmosphäre

22 %

der menschengemachten
CO₂-Emissionen werden
von den Ozeanen
aufgenommen³



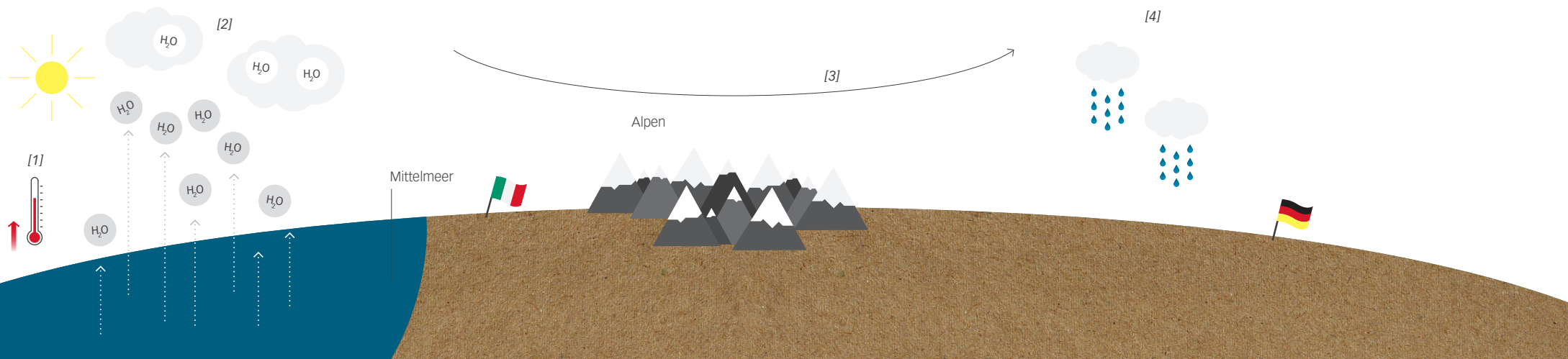
NIEDERSCHLAG UND ÜBERSCHWEMMUNG

Durch höhere Temperaturen kann die Luft mehr Wasserdampf aufnehmen, wodurch der Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre steigt. Auch verdunstet bei höheren Temperaturen und ausreichend vorhandener Feuchtigkeit (z. B. über den Ozeanen) mehr Wasser. Dadurch wird der Wasserkreislauf intensiviert, sodass es zu höheren Niederschlagsmengen kommen kann.^{1,2} Da Wasserdampf nicht am Ort der Verdunstung wieder als Niederschlag fällt,¹ kommt es in Kombination mit sich verändernden Zirkulationsmustern zu einer zunehmend ungleichen

Verteilung der Niederschlagsmengen.³ Trockene Gebiete, wie z. B. die der Subtropen, werden häufig noch trockener und feuchte Gebiete, wie die mittleren Breiten oder die Tropen, werden noch feuchter.^{3,4,5}

Auch Starkregenereignisse werden im globalen Durchschnitt häufiger² und sowohl in trockenen als auch feuchten Gebieten stärker.⁶ Aktuell können dabei ca. 18 % der weltweiten Starkregenereignisse über Land auf die globale Erwärmung zurückgeführt werden.⁷ Die Zunahme die-

ser extremen Niederschlagsereignisse kann regional allerdings sehr unterschiedlich ausfallen.² Beispielsweise hat sich das Mittelmeer in den letzten Jahrzehnten deutlich erwärmt [1]. Durch die Erwärmung verdunstet mehr Wasser über dem Mittelmeer [2], welches bei einer bestimmten Anordnung der Hoch- und Tiefdruckgebiete nach Norden transportiert wird (Vb-Zugbahn) [3] und in Mitteleuropa zu vermehrten Starkregenereignissen und Überschwemmungen führen kann [4].⁸



KLIMAWANDEL UND GESUNDHEIT

Die Folgen des Klimawandels wirken sich in vielerlei Hinsicht auf die menschliche Gesundheit aus. So können Hitzebelastungen und Hitzeereignisse¹ zu einer Verschlimmerung von Erkrankungen des Herzens, des Kreislaufsystems und der Atemwege und dadurch zu einem Anstieg der Sterblichkeit führen.^{2,3,4} Auch begünstigen höhere Temperaturen die Bildung von bodennahem Ozon,⁵ welches sich negativ auf die Gesundheit, beispielsweise in Form einer verringerten Lungenfunktion, auswirken kann.^{6,7} Häufigere Extremwetterereignisse wie Überschwemmungen oder Stürme bergen zahlreiche Risiken für die menschliche Gesundheit; etwa Verletzungen, welche im Extremfall bis zum

Tode führen können.⁸ Daneben können Starkregenereignisse und Überschwemmungen durch Verunreinigung von Gewässern zu vermehrtem Ausbrechen wasserbedingter Infektionskrankheiten führen.⁹

Eine weitere Folge des Klimawandels in Deutschland ist eine verlängerte Pollensaison, wodurch die Symptome von Atemwegserkrankungen wie Asthma oder Heuschnupfen verstärkt werden können.⁹ Zusätzlich ermöglichen klimatisch günstigere Bedingungen die Etablierung und Ausbreitung von neuen allergieauslösenden Pflanzen, wie zum Beispiel der Ambrosia.^{8,10}

Hinweis zur Grafik: Da es sehr schwierig ist, die zusätzlichen Todesfälle durch klimatische Veränderungen zu berechnen und kein direkter Kausalzusammenhang zwischen einzelnen Todesfällen und dem Klimawandel hergestellt werden kann, sollten diese Zahlen sehr vorsichtig interpretiert werden.



225.000

bedingt durch
Unterernährung

20.000

bedingt durch
übertragene
Krankheiten

85.000

bedingt durch
Durchfall-
erkrankungen

2.750

bedingt durch
Überschwemmungen
und Erdbeben

35.000

bedingt durch
Hitze und Kälte

2.500

bedingt durch
Stürme

30.000

bedingt durch
Hirnhautent-
zündungen

Zusätzliche Tote durch den Klimawandel 2010 weltweit

Quelle: Fundación DARA Internacional, *Climate Vulnerability Monitor 2nd Edition. A Guide to the Cold Calculus of a Hot Planet.* (2012).

VEKTORÜBERTRAGENE KRANKHEITEN

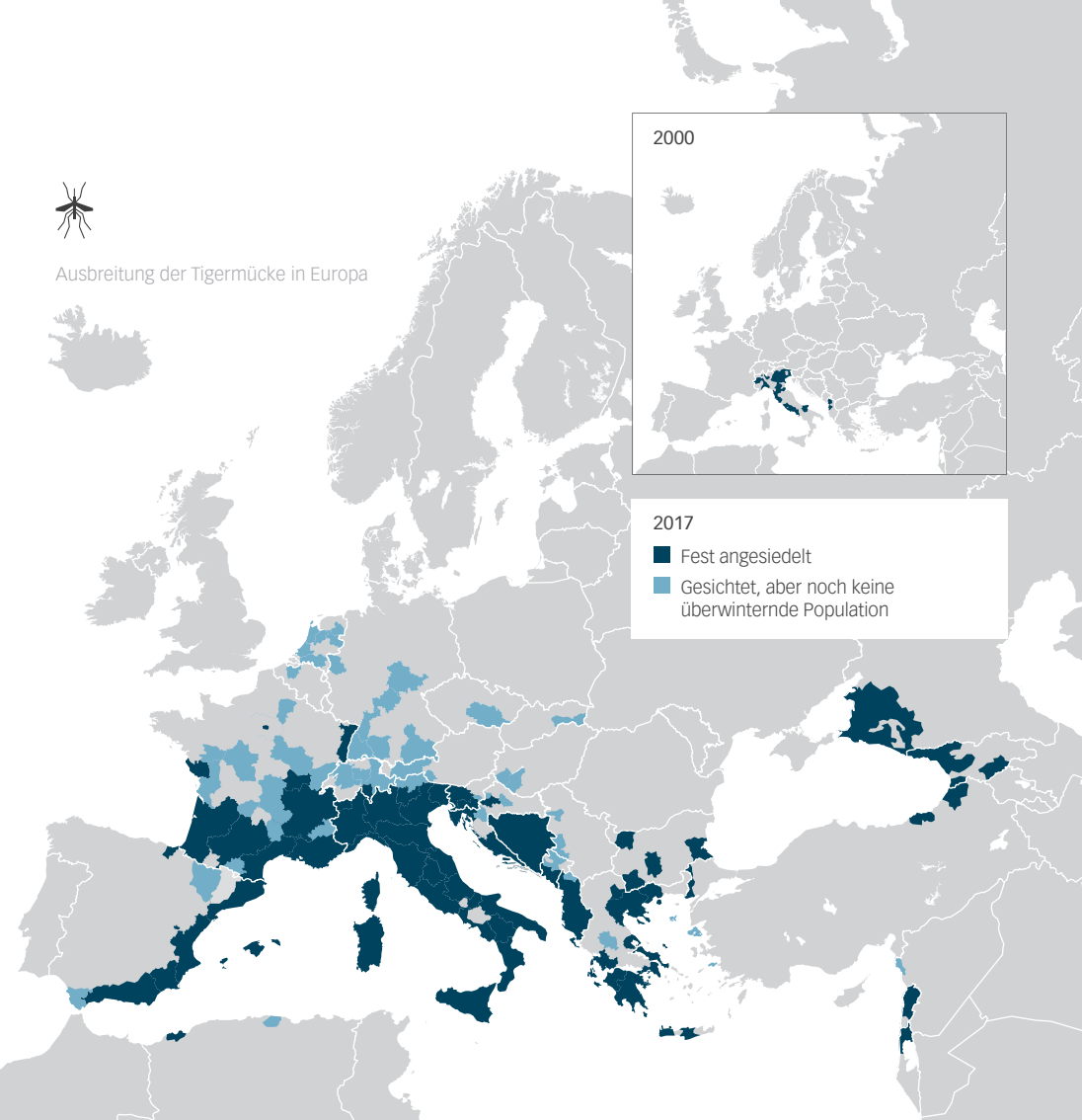
Als Vektoren werden Organismen bezeichnet, welche Krankheitserreger von einem infizierten Tier oder Menschen auf andere Tiere oder Menschen übertragen können – zum Beispiel Zecken oder Stechmücken.¹

Der Klimawandel verändert die Bedingungen für die Verbreitung von Krankheitserregern durch Vektoren.^{2,3} So konnte sich die Asiatische Tigermücke in den letzten Jahrzehnten durch die Globalisierung und klimatisch günstigen Bedingungen bereits in Teilen Südeuropas ausbreiten.^{4,5} Auch weiter nördlich gelegene Gebiete Europas werden durch den Klimawandel für eine Etablierung der Mücke geeignet.^{5,6} Die Tigermücke kann Krankheitserreger wie das Dengue- und Chikungunya-Virus übertragen.⁵

Damit eine infizierte Mücke ein Virus übertragen kann, müssen über einen bestimmten Zeitraum höhere Temperaturen herrschen. Dadurch kann sich das Virus in der Mücke vermehren und es kann durch einen Stich der Mücke zu einer Übertragung auf den Menschen kommen.⁷ Ansteigende Temperaturen begünstigen die Vermehrungszeit des Virus in dieser. In Kombination mit der Globalisierung und der dadurch entstehenden Gefahr des Einschleppens der Tigermücke durch ausländische Warenimporte und des Virus durch infizierte Personen, wie Reiserückkehrer, führt dies zu einem erhöhten Risiko der Krankheitsübertragung.^{2,8}



Ausbreitung der Tigermücke in Europa



Höhere Temperaturen, höhere CO_2 -Konzentrationen der Luft, veränderte Niederschlagsmuster und weitere damit zusammenhängende Wetterparameter beeinflussen das Pflanzenwachstum.¹ Eine Erhöhung der Temperatur bis hin zur optimalen Wachstumstemperatur kann bei einer spezifischen Nutzpflanze zu einer Steigerung des Ernteertrages führen. Wird dieser optimale Punkt jedoch überschritten, nehmen die Ernteerträge ab. Bereits einzelne Tage über 30 °C können beispielsweise das Wachstum von Mais und Soja beeinträchtigen.² Auch Wetterextreme, besonders Dürre und Hitze, sowie Starkregenereignisse,³ haben einen negativen

Einfluss auf Ernteerträge. Zwischen 2000 und 2007 lag der Ernteverlust durch Dürre und Hitze bei ca. 6,2 % der weltweiten Getreideernte.⁴

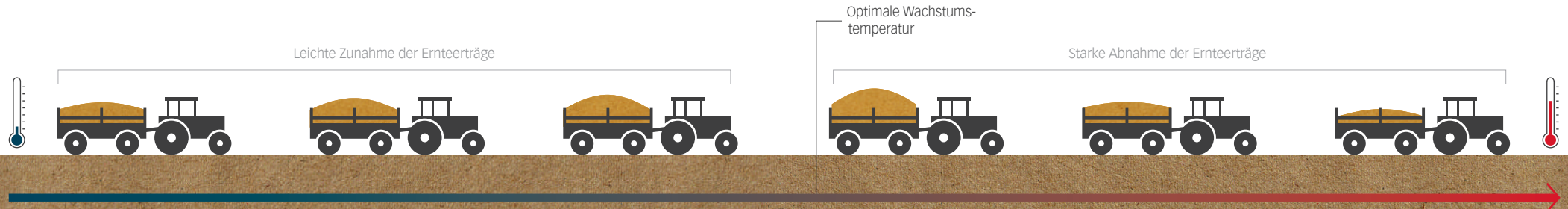
Auf eine erhöhte CO_2 -Konzentration in der Luft reagieren viele Pflanzen kurzfristig mit einer verringerten Wasserabgabe über die Blätter bei gleichzeitig vermehrter Photosynthese. Dadurch kann sich bei ausreichendem Wasser- und Nährstoffangebot das Pflanzenwachstum verstärken – es kommt zu einem sogenannten CO_2 -Düngungseffekt.^{5,6} Inwieweit dieser Düngungseffekt die Abnahme der Ernteerträge aus Temperatur- und Niederschlagsveränderung an

manchen Orten kompensieren wird, ist umstritten.^{7,8} Des Weiteren führt eine erhöhte CO_2 -Konzentration der Luft bei erhöhtem Wachstum zu geringeren Konzentrationen von Nährstoffen in Pflanzen.^{9,10}

Einen positiven Effekt kann der Klimawandel in nördlich gelegenen Regionen der Erde wie Nordeuropa haben, wenn durch steigende Durchschnittstemperaturen und damit verbundenen längeren Anbauphasen und weniger Frostereignissen die Ernteerträge steigen.^{11,12} In den Tropen und Subtropen wird der Einfluss des Klimawandels auf die Ernteerträge eher negativ sein.¹³

→

Allgemein lässt sich festhalten, dass es weltweit bis zu einer Erwärmung der globalen Mitteltemperatur von 1-2 °C (im Vergleich zur vorindustriellen Zeit) zu eher geringen bis moderaten Auswirkungen auf die Ernteerträge kommen kann, wobei es sortenabhängige und regionale Unterschiede gibt. Jeder weitere Temperaturanstieg führt jedoch vermutlich zu einer starken Abnahme der Ernteerträge.^{7,14,15}

112
/
113

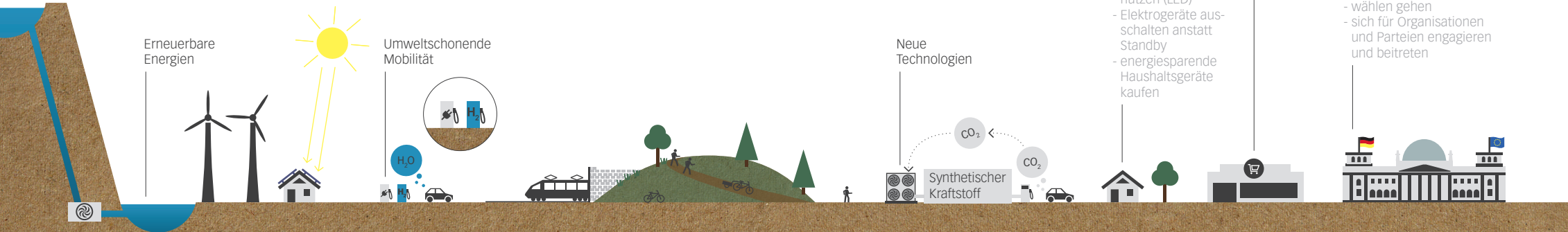
$$\frac{122}{123}$$

sicherlich auch auf Widerstand treffen, jedoch immer öfter auf Zustimmung und weitere motivierte Menschen – wie dich. Eines ist natürlich klar: Jeder für sich alleine wird die Welt nicht retten können. Wenn wir aber andere ebenfalls für den Umwelt- und Klimaschutz motivieren und sich jeder im Rahmen seiner Möglichkeiten auf allen Ebenen der Gesellschaft dafür einsetzt, werden wir gemeinsam einen großen Beitrag dazu leisten.

- weniger Fleisch essen
- Geld ökosozial anlegen
- Produkte länger nutzen und reparieren
- regionale Waren und Lebensmittel kaufen
- Ressourcen teilen
- den eigenen CO₂-Ausstoß reduzieren und kompensieren

- Förderung neuer Technologien und Anreizsetzung zur Reduktion von Treibhausgasemissionen
- demonstrieren gehen
- wählen gehen
- sich für Organisationen und Parteien engagieren und beitreten

- Gebäudedämmung
- Energiesparlampen nutzen (LED)
- Elektrogeräte ausschalten anstatt Standby
- energiesparende Haushaltsgeräte kaufen



DANKE!

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

Prof. Dr. Bruno Abegg | Prof. Dr. Kenneth B. Armitage | Dr. Todd Atwood | Prof. Dr. Herrmann Bange | Dr. Christian Barthlott | Dr. Andreas Bauder | Prof. Dr. Jürgen Baumüller | Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein | Prof. Dr. Gerhard Berz | Dr. Tobias Binder | Dr. Boris K. Biskaborn | Prof. Dr. Daniel T. Blumstein | Prof. Dr. Reinhard Böcker | Dr. Benjamin Leon Bodirsky | Frank Böttcher | Prof. Dr. Peter Brandt | Dr. Susanne Breitner | Julia Brugger | Prof. Dr. Nina Buchmann | Dr. Michael Buchwitz | Dr. Paul CaraDonna | Prof. Dr. Martin Dameris | Dr. Annika Drews | Markus Dyck | Prof. Dr. Olaf Eisen | Dr. Georg Feulner | Prof. Dr. Andreas H. Fink | Dr. Mark Fleischhauer | Dr. Achim Friker | Prof. Dr. Martin Funk | Dr. Pia Gottschalk | Prof. Dr. Henny Annette Grewe | Prof. Dr. Christian Haas | Prof. Dr. Wilfried Hagg | Dr. Judith Hauck | Majana Heidenreich | Prof. Dr. Martin Heimann | Dr. Peter Hoffmann | Prof. Dr. Corinna Hoose | Dr. Mario Hoppema | Prof. Dr.

Hans-Wolfgang Hubberten | Dr. Amy Iller | Prof. Dr. Kai Jensen | Prof. Dr. Anke Jentsch | Prof. Dr. Konrad Kandler | Dr. Johannes Karstensen | Dr. Stefan Kinne | Prof. Dr. Gernot Klepper | Dr. Stefan Klotz | Prof. Dr. Peter Knippertz | Dr. Annette Kock | Dr. Peter Köhler | Dr. Martina Krämer | Prof. Dr. Lenelis Kruse-Graumann | Prof. Dr. Michael Kunz | Prof. Dr. Wilhelm Kuttler | Dr. Thomas Laepple | Dr. Peter Landschützer | Prof. Dr. Hugues Lantuit | Dr. Josefine Lenz | Prof. Dr. Ingeborg Levin | Dr. Christian Lininger | Prof. Dr. Karin Lochte | Prof. Dr. Gerrit Lohmann | Prof. Dr. Hermann Lotze-Campen | Dr. Remigus Manderscheid | Prof. Dr. Ben Marzeion | Prof. Dr. Katja Matthes | Prof. Dr. Egbert Matzner | Prof. Dr. Marius Mayer | Dr. Hanno Meyer | Prof. Dr. Peter Molnar | Dr. Anne Morgenstern | Prof. Dr. Dr. h. c. Volker Mosbrugger | Dr. Ulrike Nie-meier | Dr. Hans Oerter | Prof. Dr. Dirk Olbers | Dr. Marilena Oltmanns | Dr. Daniel Osberghaus | Prof.

Dr. Arpat Ozgul | Prof. Dr. Anthony Patt | Dr. André Paul | Prof. Dr. Roland Psenner | Prof. Dr. Johannes Quaas | Dr. Volker Rachold | Prof. Dr. Stefan Rahmstorf | Dr. Maximilian Reuter | Prof. Dr. Mathias Rotach | Dr. Heli Routti | Dr. Ingo Sasgen | Bernhard Schauburger | Lukas Schefczyk | Prof. Dr. Jürgen Scheffran | Dr. Hauke Schmidt | Prof. Dr. Imke Schmitt | Prof. Dr. Jürgen Schmude | Dr. Alexandra Schneider | Prof. Dr. Christian-Dietrich Schönwiese | Prof. Dr. Josef Settele | Prof. Dr. Ruben Sommaruga | Prof. Dr. Christian Sonne | Dr. Sebastian Sonntag | Dr. Robert Steiger | Dr. Christian Stepanek | Dr. Sebastian Strunz | Kira Vinke | Prof. Dr. Martin Visbeck | Dr. Peter von der Gathen | Dr. Mathis Wackernagel | Dr. Frank Wagner | Prof. Dr. Heinz Wanner | Prof. Dr. Hans-Joachim Weigel | Dr. Rolf Weller | Dr. Martin Werner | Prof. Dr. Georg Wohlfahrt | Prof. Dr. Harald Zeiss



Wissenschaftlerinnen



Wissenschaftler

UNSERE UNTERSTÜTZER

DANKE!

Wir bedanken uns bei den Elektrizitätswerken Schönau, Munich Re und allen uns unterstützenden 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!

126
/
127

Die Elektrizitätswerke Schönau sind nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl aus einer Bürgerinitiative entstanden. Heute setzen sie sich als Genossenschaft für die Bürgerenergie- wende ein: Sie versorgen Haushalte und Betriebe in ganz Deutschland mit Ökostrom, Gas und Biogas und betreiben ökologische Kraft- werke sowie Strom-, Gas- und Nahwärmenetze.



atomstromlos. klimafreundlich. bürgereigen.

Munich Re ist einer der weltweit führenden Rück- versicherer. Seit ihrer Gründung im Jahr 1880 versichert sie andere Versicherer sowie Groß- unternehmen, besonders gegen extreme Risiken. Über ihre Tochter ERGO bietet sie auch Privatkunden und Firmen Schutz. Da Munich Re auch Milliarden Schäden begleicht, muss sie Risiken richtig einschätzen können. Deshalb analysiert sie schon seit Jahrzehnten intensiv Naturkatastrophen und die Folgen des Klima- wandels.



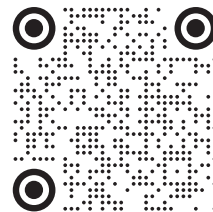
WER ES GENAUER WISSEN MÖCHTE:

LITERATURVERZEICHNIS

Jeden in unserem Buch aufgeführten Verweis können Sie in unserem digitalen Literaturver- zeichnis nachschlagen. Hier haben Sie die Mög- lichkeit zu sehen, welche Literatur bei einer angegebenen Zitation herangezogen wurde. Außerdem finden Sie interessante weiterführen- de 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 Tablett.
2. Scannen Sie den untenstehenden QR-Code.



3. Es öffnet sich das digitale Literaturverzeichnis. Bei einem 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

Literatur

WER DAHINTER STECKT

IMPRESSUM

Das für den Umschlag verwendete FSC®-zertifizierte Papier »Surbalin seda« lieferte die Peyer Graphic GmbH. Für den Innenteil wurde das mit dem Blauen Engel ausgezeichnete »Cocoon Offset«-Papier (100 % Recyclingpapier) verwendet.

Die zum Druck dieses Buches verwendeten Farben sind nach dem Cradle to Cradle® Standard zertifiziert und Mineralöl- und Kobaltfrei.

Die erste Auflage des Buches »Kleine Gase – Große Wirkung: Der Klimawandel« ist wie folgt gekennzeichnet: ISBN: 978-3-9819-6500-1

Autoren:
David Nelles
Christian Serrer

Starenweg 19
88045 Friedrichshafen
Germany

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

Illustrationen:
Lisa Schwegler
www.pr11.eu

Stefan Kraiss
www.17k.de

Janna Geiße
www.jannageisse.de

Umschlag und Layout:
Lisa Schwegler

Visuelle Beratung:
Stefan Kraiss

Lektorat:
Karin Schwind
www.schreibimpuls.de

Farbmanagement:
Gennaro Marfucci
www.die-lithografen.de

Druckerei:
Lokay e.K.
Königsberger Str. 3
64354 Reinheim
www.lokay.de

Buchbinderei:
www.buchbinderei-
schaumann.de



Engagement im freiwilligen Klimaschutz ist eine Möglichkeit für Unternehmen, ihrer Verantwortung auch außerhalb von gesetzlichen Verordnungen und Richtlinien nachzukommen. Konkret hat sich hier die Klimaneutralität als ein sehr gutes Mittel in der Handhabung und in der Transparenz herauskristallisiert. Dabei werden die entstandenen CO₂-Emissionen über anerkannte und zertifizierte Klimaschutzprojekte ausgeglichen.

© Copyright 2018:
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

Impressum

An dieser Stelle möchten wir uns bei unseren Eltern für die zusätzlichen grauen Haare entschuldigen, die ihnen während unseres Projektes gewachsen sind. Gleichzeitig möchten wir uns aber auch besonders bei ihnen und unseren Geschwistern für ihre Unterstützung bedanken.



WER DAHINTER STECKT

ÜBER DIE AUTOREN

David Nelles, aufgewachsen in der Eifel-Mosel-Region, und Christian Serrer, der aus dem Schwarzwald stammt, studieren Wirtschaftswissenschaften am Bodensee. Da es in der öffentlichen Debatte über den Klimawandel viel zu oft drunter und drüber geht, wollten sich beide ein eigenes Bild darüber machen. Um ehrlich zu sein, hatten die beiden wenig Lust, dicke Fachbücher zu lesen. Sie suchten ein Buch, das anschaulich, wissenschaftlich fundiert und mit kurzen Texten das A und O des Klimawandels erklärt. Ihre Suche endete jedoch erfolglos und so entschieden sie sich kurzerhand ein Buch dieser Art selbst zu schreiben.

David und Christian steckten sich das Ziel, mit ihrem Buch so viele Menschen wie möglich zu erreichen. Dazu gründeten sie ihren eigenen Verlag, um die Erstellung und den Vertrieb des Buches zu organisieren. Sie suchten nach motivierten Grafikern, einer umweltfreundlichen Druckerei, unterschiedlichen Vertriebspartnern und Institutionen, die das Buchprojekt finanziell unterstützen. Sie betrieben eine intensive



Recherchearbeit und führten viele interessante Gespräche mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie weiteren Unterstützern. Nach einem guten Jahr Arbeit war es dann endlich so weit: Die ersten Seiten kamen aus der Druckerpresse. David und Christian hoffen mit ihrem Buch, möglichst vielen Menschen die Ursachen und Folgen des Klimawandels verständlich zu erklären und noch mehr Menschen zu motivieren, sich für den Umwelt- und Klimaschutz einzusetzen.



Dr. Claus Kleber,
Moderator des ZDF-»heute-journals«:

»Der Klimawandel hat einen Wirbelsturm sich widersprechender Behauptungen und Thesen ausgelöst, der die Fakten verdunkelt. Erklärungen ohne Scheuklappen, einleuchtend und klar, sind ein Schutzschild gegen Fake News. Dieses erstaunliche Buch liefert sie.«



Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joachim Schellnhuber,
Direktor des Potsdam-Instituts für
Klimafolgenforschung:

»Dieses Buch, geschrieben von zwei jungen Menschen, schafft es eine Fülle von komplexen wissenschaftlichen Erkenntnissen verständlich auf den Punkt zu bringen – Wissen, das wir für die Gestaltung unserer Zukunft dringend benötigen.«



Marie Nasemann,
Schauspielerin, Bloggerin und Model:

»Dieses Buch ist für alle, die den Klimawandel verstehen wollen, ohne dafür Fachbücher zu wälzen. Denn Wissen ist ein erster Schritt, um Lösungen für ein Problem zu finden, zu dem wir alle beitragen und dass sich nur gemeinsam lösen lässt.«



Hannes Jaenicke,
Schauspieler, Autor und Umweltschützer:

»Mit kurzen prägnanten Texten, anschaulichen Grafiken und der Unterstützung von über 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern haben es die Autoren geschafft, ein einzigartiges Buch über den Klimawandel zu schreiben.«

€ 5,00 (D) | € 5,20 (A)

ISBN 978-3-9819650-0-1



9 783981 965001