

→ WIE DIESES BUCH ZU LESEN IST:

Hochgestellte Zahlen am Ende eines Satzes (».⁵«) Hochgestellt
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

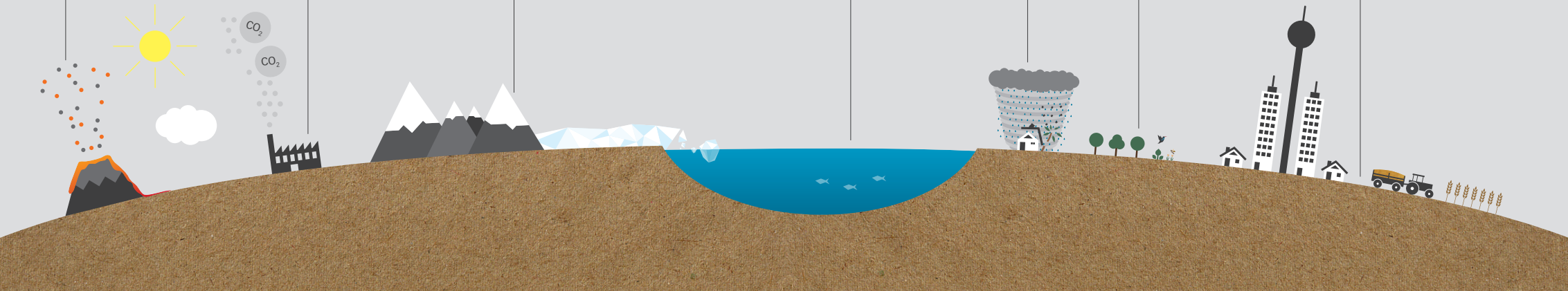
KAPITEL 3
DIE KRYOSPHÄRE
48/49

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

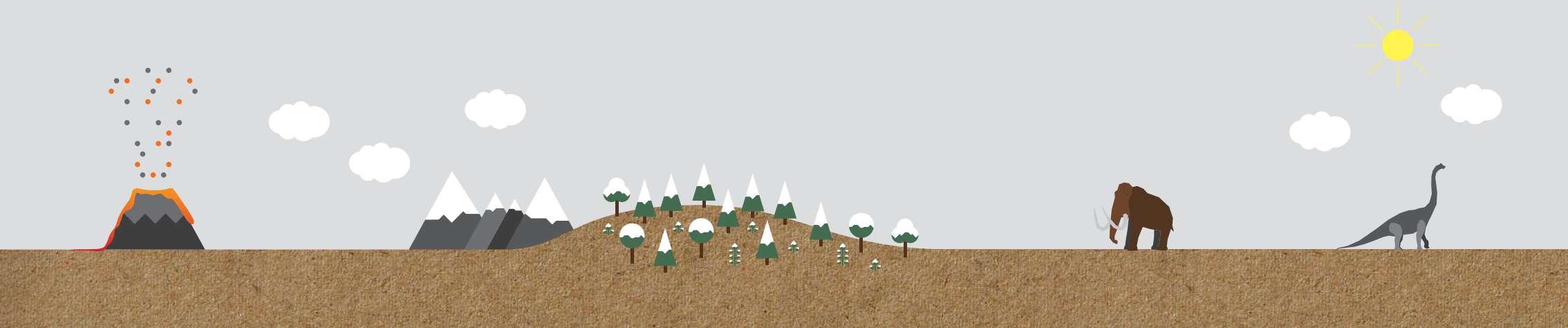
NATÜRLICHE TREIBHAUSGASE — 10/11

VULKANE UND SONNE — 12/13

WOLKEN — 14/15

OZEANISCHE ZIRKULATION — 16/17

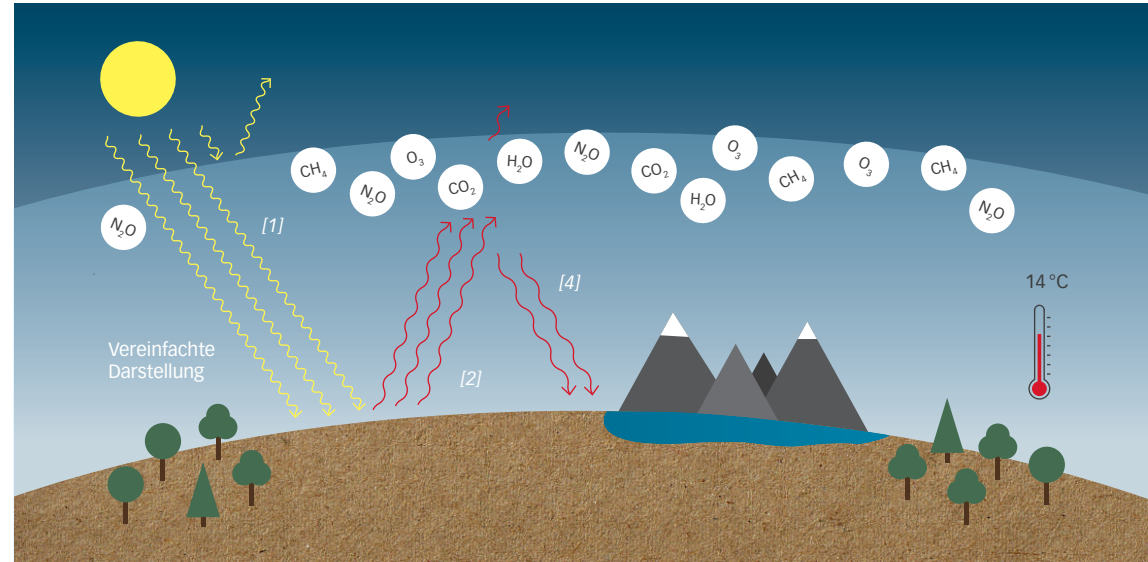
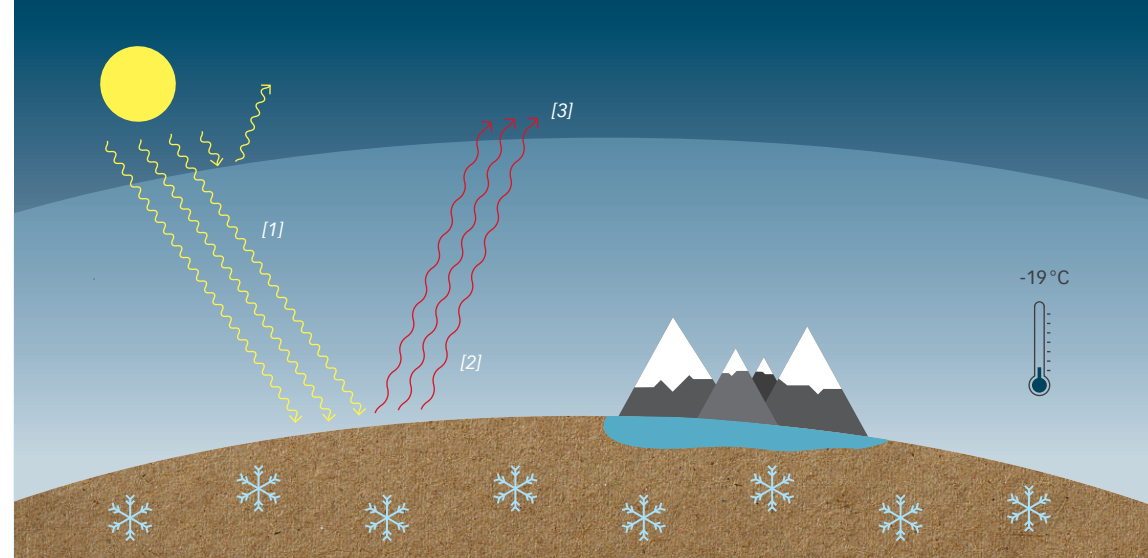
KLIMAGESCHICHTE — 18/19



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 $+14^\circ\text{C}$ liegt.⁷

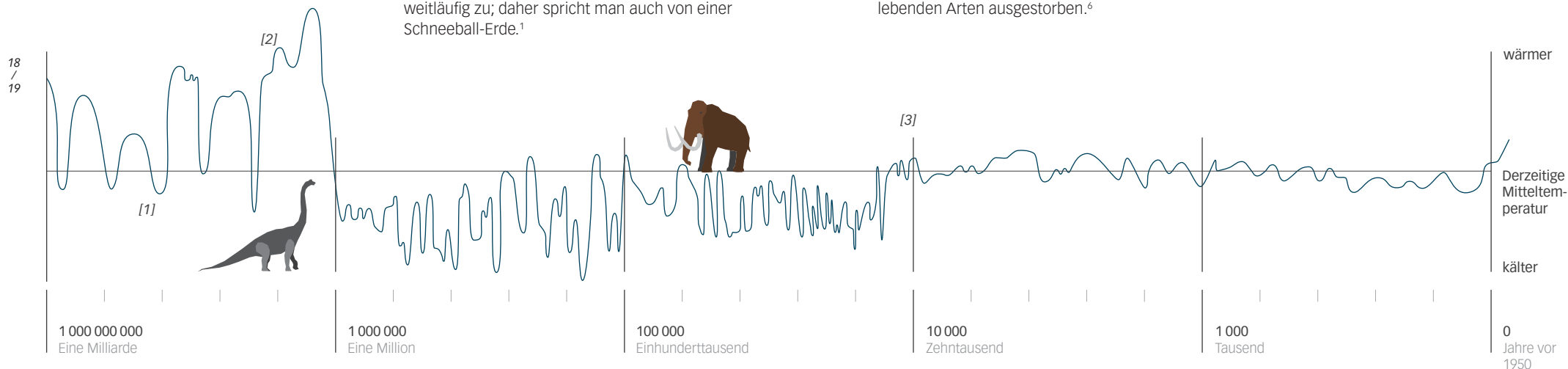


KLIMAGESCHICHTE

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

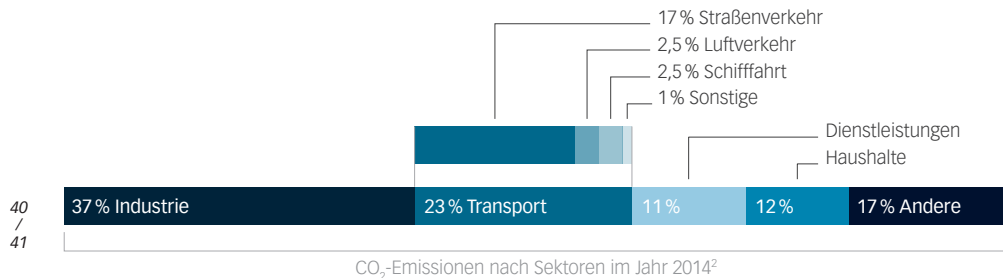


Schematische Darstellung der durchschnittlichen bodennahen Lufttemperatur auf der Nordhalbkugel

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

Quelle: nach Schönwiese (2013)

KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN



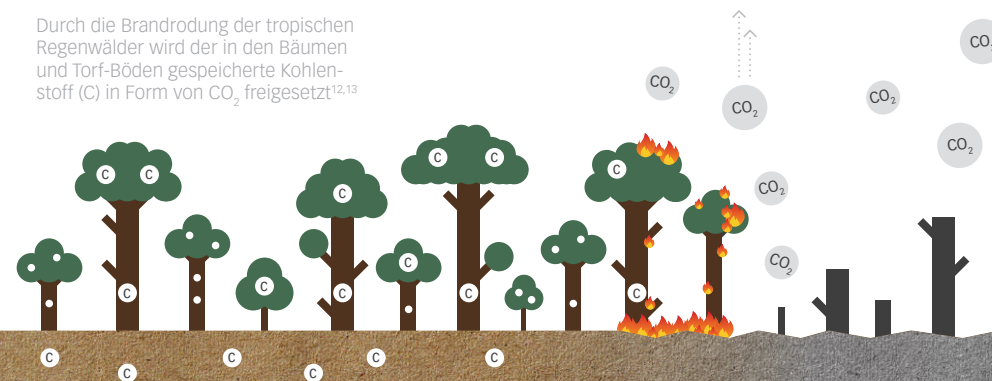
Anteile von Kohle, Öl und Gas an den Emissionen, die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen¹



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}

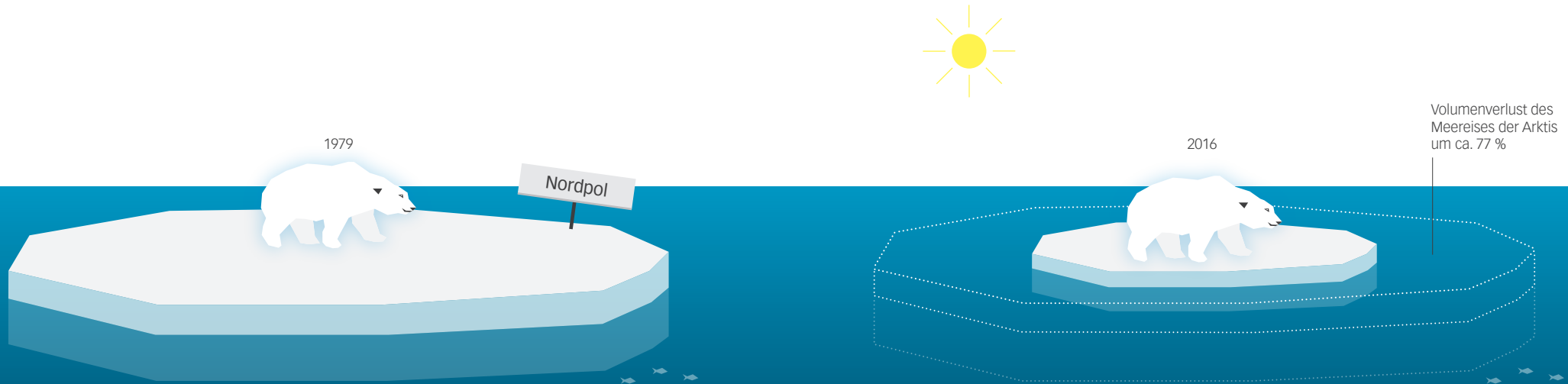


ARKTIS

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-

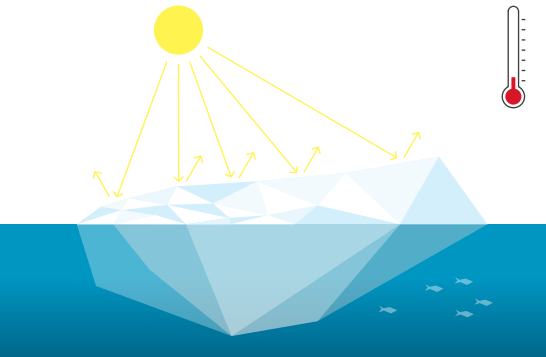
und Eisschmelze und einer zusätzlichen Erwärmung führt. Dieser sich selbst verstärkende Prozess wird als Eis-Albedo-Rückkopplung bezeichnet.⁴

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-

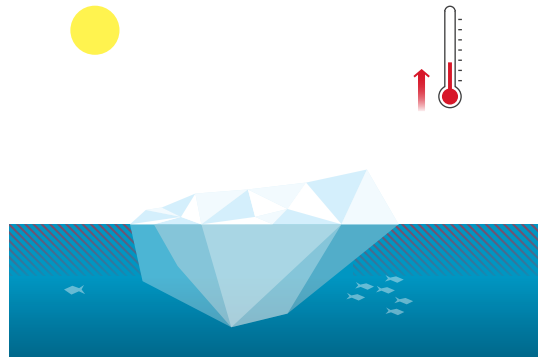
bedeckung der Fall wäre. Durch den entsprechend wärmeren Ozean schmilzt das Eis nun nicht nur durch die Sonneneinstrahlung, sondern auch vermehrt aufgrund des wärmeren Meerwassers, was den Schmelzeffekt zusätzlich verstärkt.⁵

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

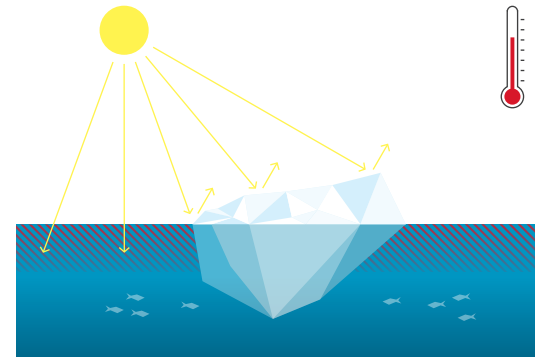
Ausgangssituation



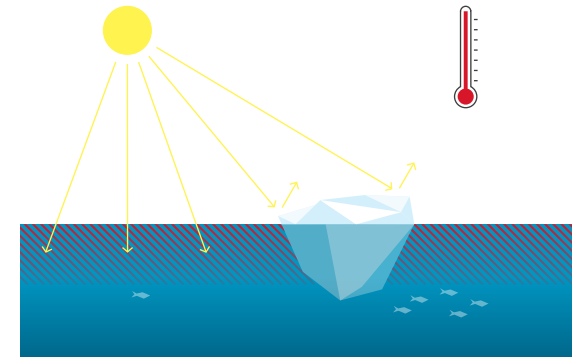
Das Eis schmilzt durch höhere Temperaturen



Weniger Sonnenstrahlung wird zurück ins All reflektiert



Rückkopplung verstärkt die Erwärmung



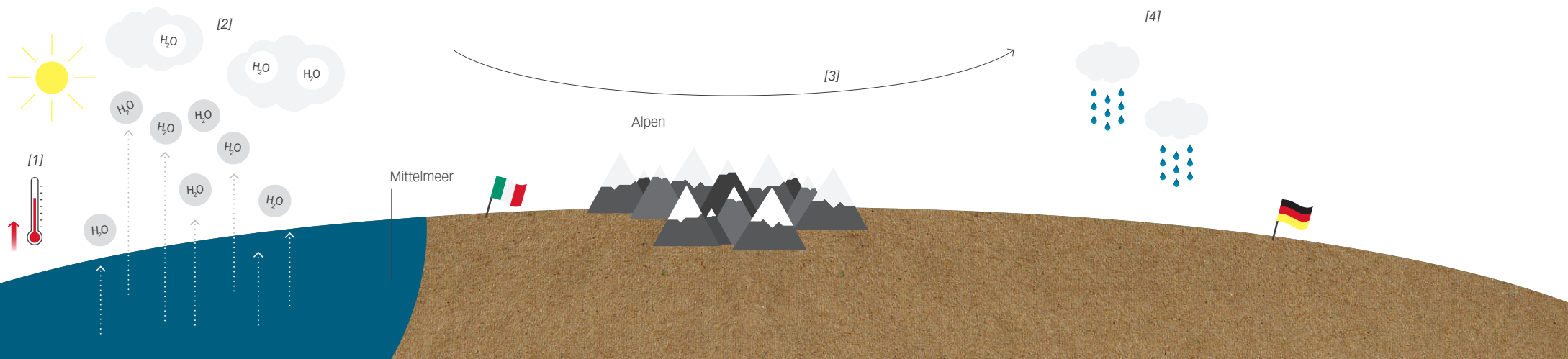
NIEDERSCHLAG UND ÜBERSCHWEMMUNG

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



VEKTORÜBERTRAGENE KRANKHEITEN

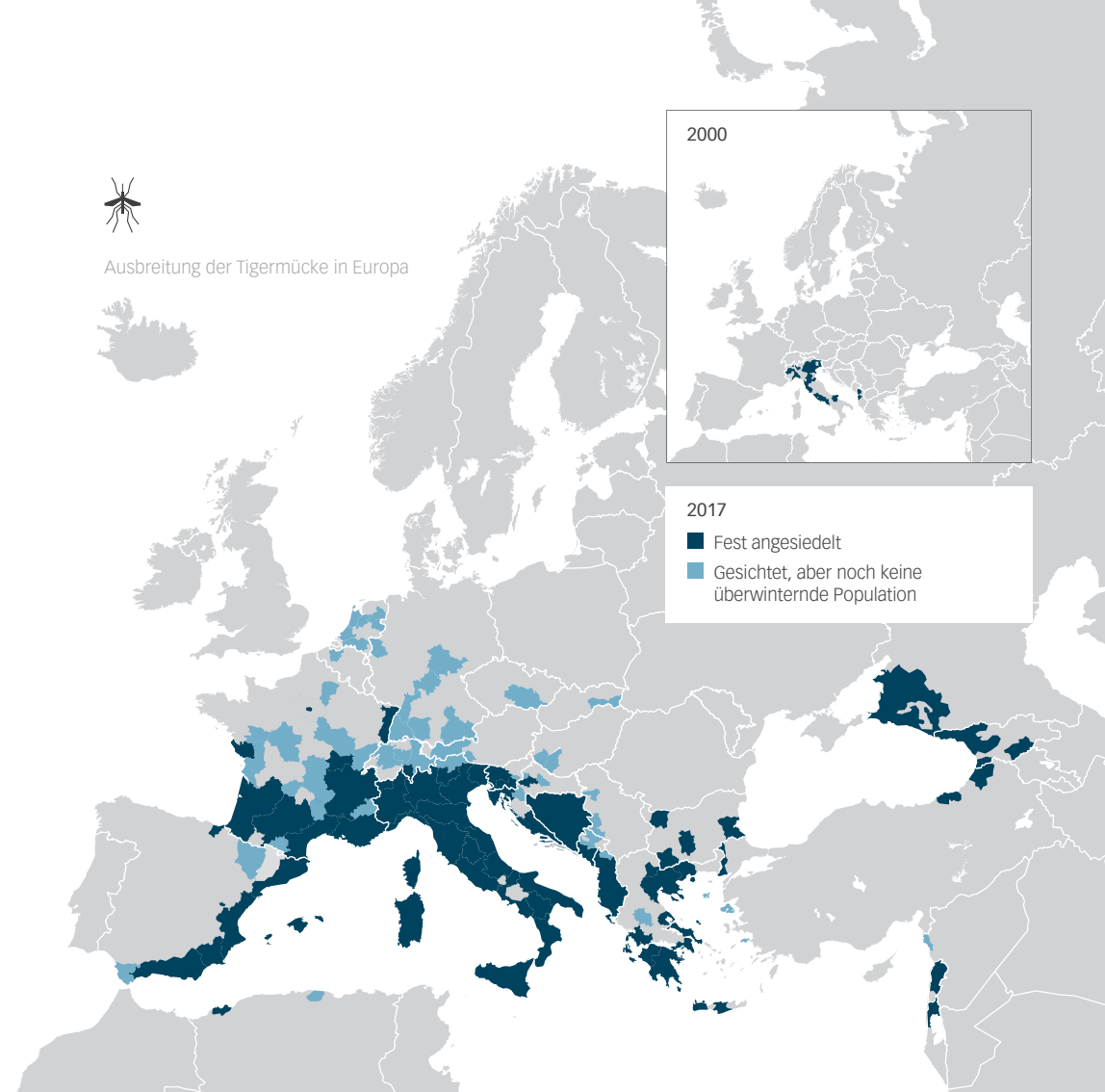
Als Vektoren werden Organismen bezeichnet, welche Krankheitserreger von einem infizierten Tier oder Menschen auf andere Tiere oder Menschen übertragen können – zum Beispiel Zecken oder Stechmücken.¹

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

tiven 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

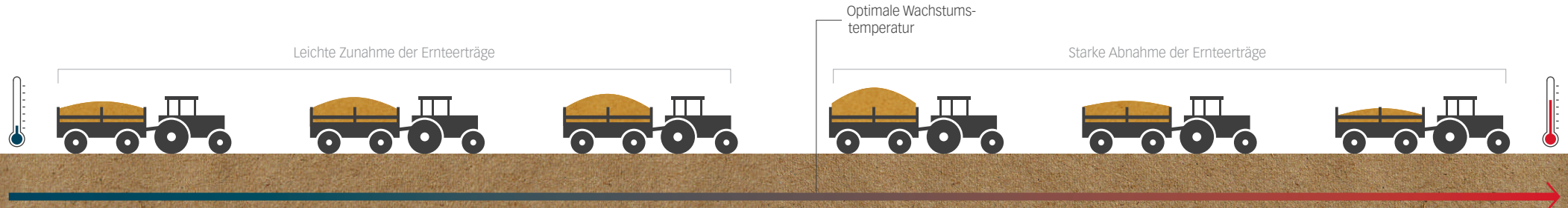
manchen Orten kompensieren wird, ist umstritten.^{7,8} Des Weiteren führt eine erhöhte CO_2 -Konzentration der Luft bei erhöhtem Wachstum zu geringeren Konzentrationen von Nährstoffen in Pflanzen.^{9,10}

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



Diese Veröffentlichung stellt keine Meinungsäußerung der Bundeszentrale für politische Bildung dar. Für die inhaltlichen Aussagen tragen die Autoren die Verantwortung. Beachten Sie bitte auch unser weiteres Print- sowie unser Online- und Veranstaltungsangebot. Dort finden sich weiterführende, ergänzende wie kontroverse Standpunkte zum Thema dieser Publikation.

Bonn 2019
Sonderausgabe für die Bundeszentrale für politische Bildung
Adenauerallee 86, 53113 Bonn

© Copyright 2019: David Nelles und Christian Serrer

Umschlaggestaltung: Michael Rechl, Kassel

Umschlagmotiv: © Lisa Schwegler

Illustrationen: Lisa Schwegler, www.pr11.eu, Stefan Kraiss, www.17k.de,
Janna Geisse, www.janageisse.de

Layout: Lisa Schwegler

Visuelle Beratung: Stefan Kraiss

Lektorat: Karin Schwind, www.schreibimpuls.de

Farbmanagement: Gennaro Marfucci, www.die-lithografen.de

Druck: Lokay e.K., Reinheim

Buchbinderei: www.buchbinderei-schaumann.de

ISBN 978-3-7425-0447-0

www.bpb.de