

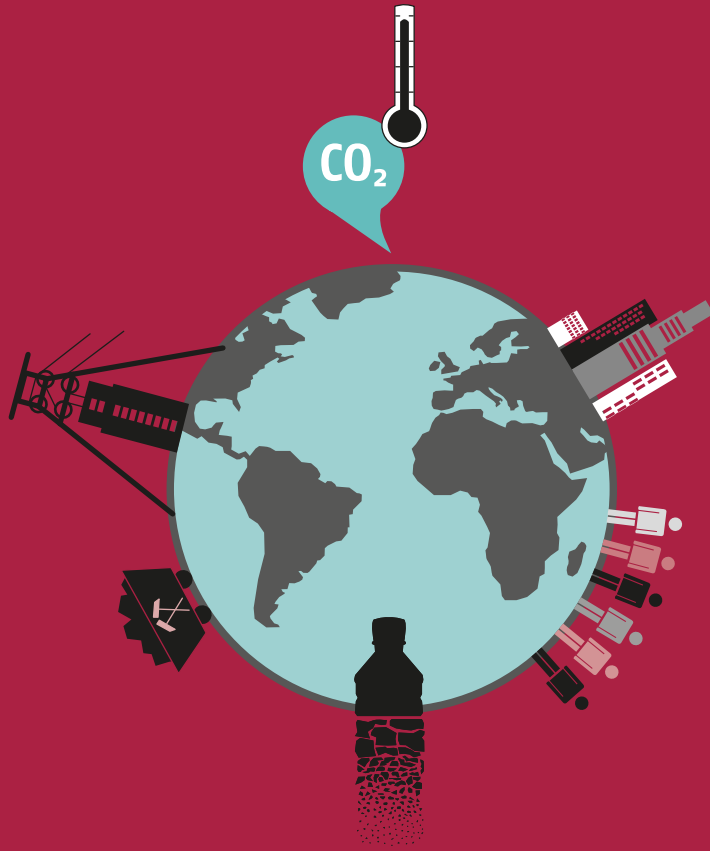
ATLAS EINES BEDROHTEN PLANETEN

ESTHER GONSTALLA



155 geniale Grafiken für alle,
die die Welt retten wollen





Nachhaltigkeitskodex des oekom verlags

<http://datenbank2.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de/Profile/CompanyProfile/9023/de/2015/dnk>

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

Sonderausgabe für die Zentralen für politische Bildung:
Berliner Landeszentrale für politische Bildung
Brandenburgische Landeszentrale für politische Bildung
Landeszentrale für politische Bildung Hamburg
Hessische Landeszentrale für politische Bildung
Landeszentrale für politische Bildung Nordrhein-Westfalen
Landeszentrale für politische Bildung Rheinland-Pfalz
Landeszentrale für politische Bildung des Saarlandes
Landeszentrale für politische Bildung Sachsen-Anhalt
Sächsische Landeszentrale für politische Bildung
Der Landesbeauftragte für politische Bildung Schleswig-Holstein

© 2023 oekom verlag, München
oekom – Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH
Waltherstraße 29, 80337 München

Lektorat: Laura Kohlrausch, oekom verlag
Korrektur: Maike Specht
Umschlaggestaltung: Esther Gonstalla | gonstalla.com
Satz und Infografik: Esther Gonstalla
Druck: Grafisches Centrum Cuno GmbH & Co. KG

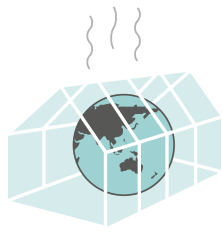
Alle Rechte vorbehalten

ATLAS EINES BEDROHTEN PLANETEN

155 geniale Grafiken für alle,
die die Welt retten wollen

ESTHER GONSTALLA

006 Die Sphären der Erde



204 Quellen

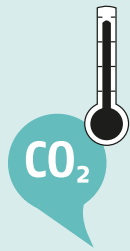
222 Autorin und Dank

Luft, Wetter & Klima 008

Wasser, Eis & Schnee 058

Böden, Pflanzen & Tiere 098

Vom Menschen
geschaffen 158



Erdklima

Wird über die Zusammensetzung der Atmosphäre gesteuert und ist abhängig von Wasserdampfgehalt und Treibhausgasen



Sauerstoff

Tiere und Menschen benötigen Sauerstoff zum Überleben.

Die schützende Schicht, die unseren Planeten umgibt

ATMOSPHERE



Wetter

Regen, Sonnenschein, Wolken, Stürme: Das Wetter in der Atmosphäre ändert sich ständig.

ANTHROPOSPHERE

Alles von Menschen Geschaffene und Umstrukturierte



Landwirtschaft

Viehzucht, Anbau von Obst, Gemüse und Energiepflanzen



Industrie

Produktion von Waren und Energie sowie Abfallstoffe



Rohstoffproduktion

z. B. Minen für Kohle, Eisen, seltene Erden, Ölförderung oder Kahlschlag für Holz



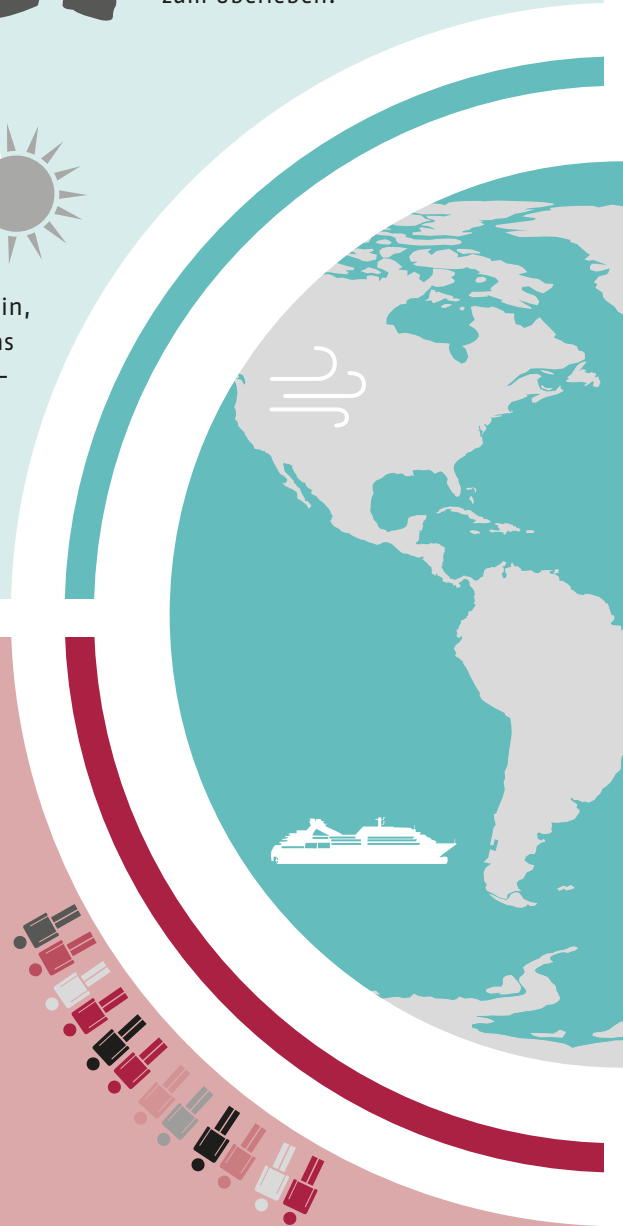
Siedlungen

Von Dörfern bis zu Megacities



Infrastruktur

Straßen, Zugtrassen, Flughäfen und Häfen für den globalen Transport





Salzwasser

Die salzigen Ozeane machen den Großteils unseres Wassers aus.



Süßwasser

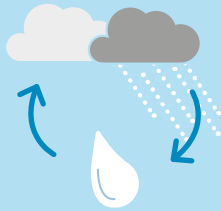
Vom Grundwasser über Quellen, Flüsse und Seen bis zu unseren Wasserhähnen

Gefrorenes Wasser

Eis, Gletscher, Schnee, gefrorene Böden und Gewässer



Das lebensspendende Wasser in all seinen Formen



Wasserkreislauf

Wasser wird ständig zwischen Land und Atmosphäre ausgetauscht.

HYDROSPHÄRE

BIOSPHERE

Alle Tiere und Pflanzen auf, über und unter der Erde

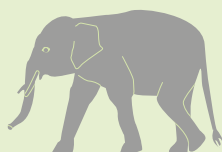
Pflanzen

Algen, Gräser, Kakteen, Bäume oder Kelpwälder unter Wasser: Pflanzen sind so vielfältig wie ihre Lebensräume.



Tiere

Von winzigen Meeres-tieren über die größten Säugetiere an Land bis zu Zugvögeln in der Luft hat jedes Tier seine Nische.

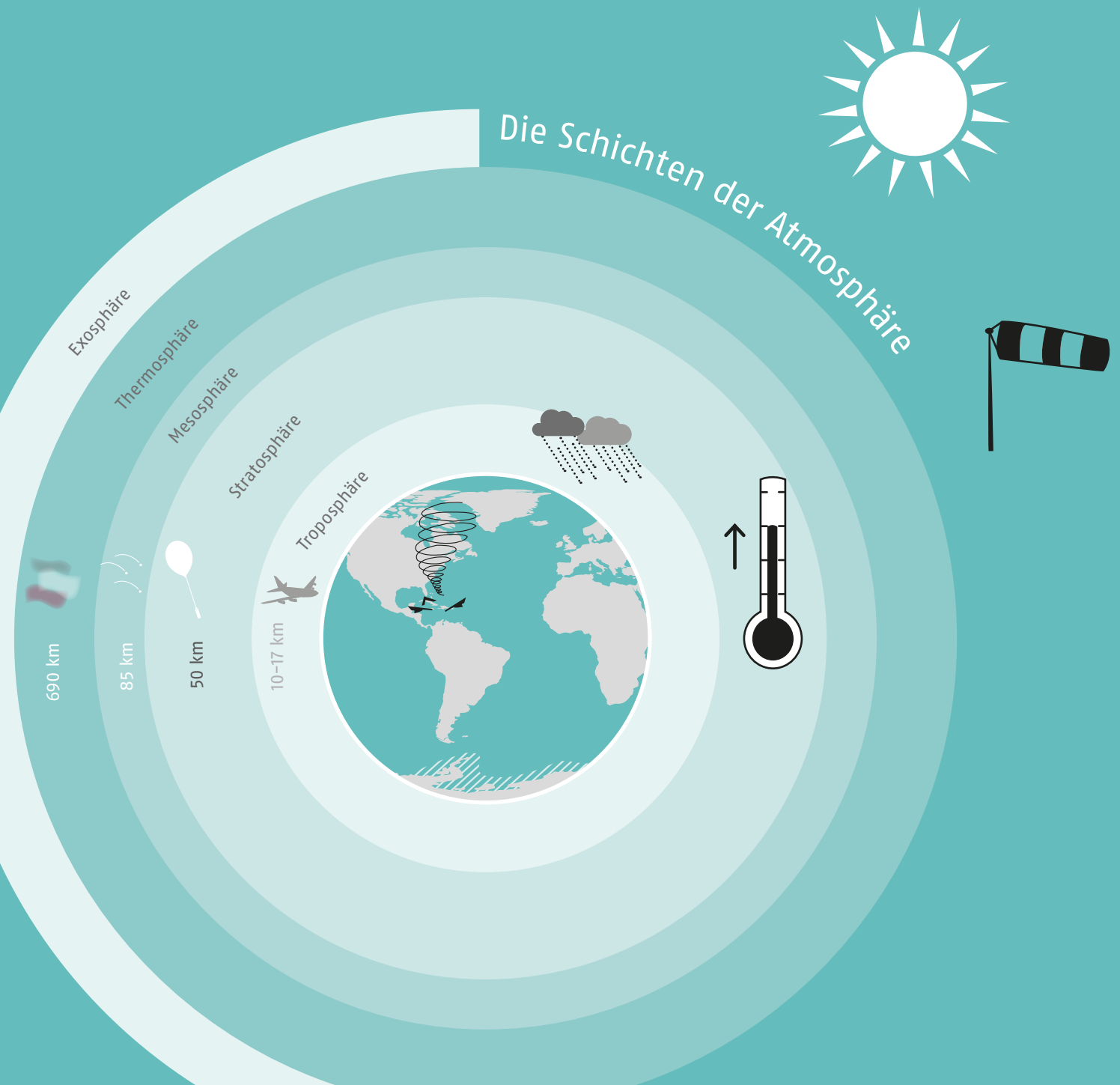


Ökosysteme

Pflanzen und Tiere leben in komplex vernetzten Lebensräumen.

DIE ATMOSPHÄRE

Luft, Wetter & Klima





At | mo | sphä | re

[altgriechisch atmós = Dunst
& sphaîra = (Erd-)Kugel]

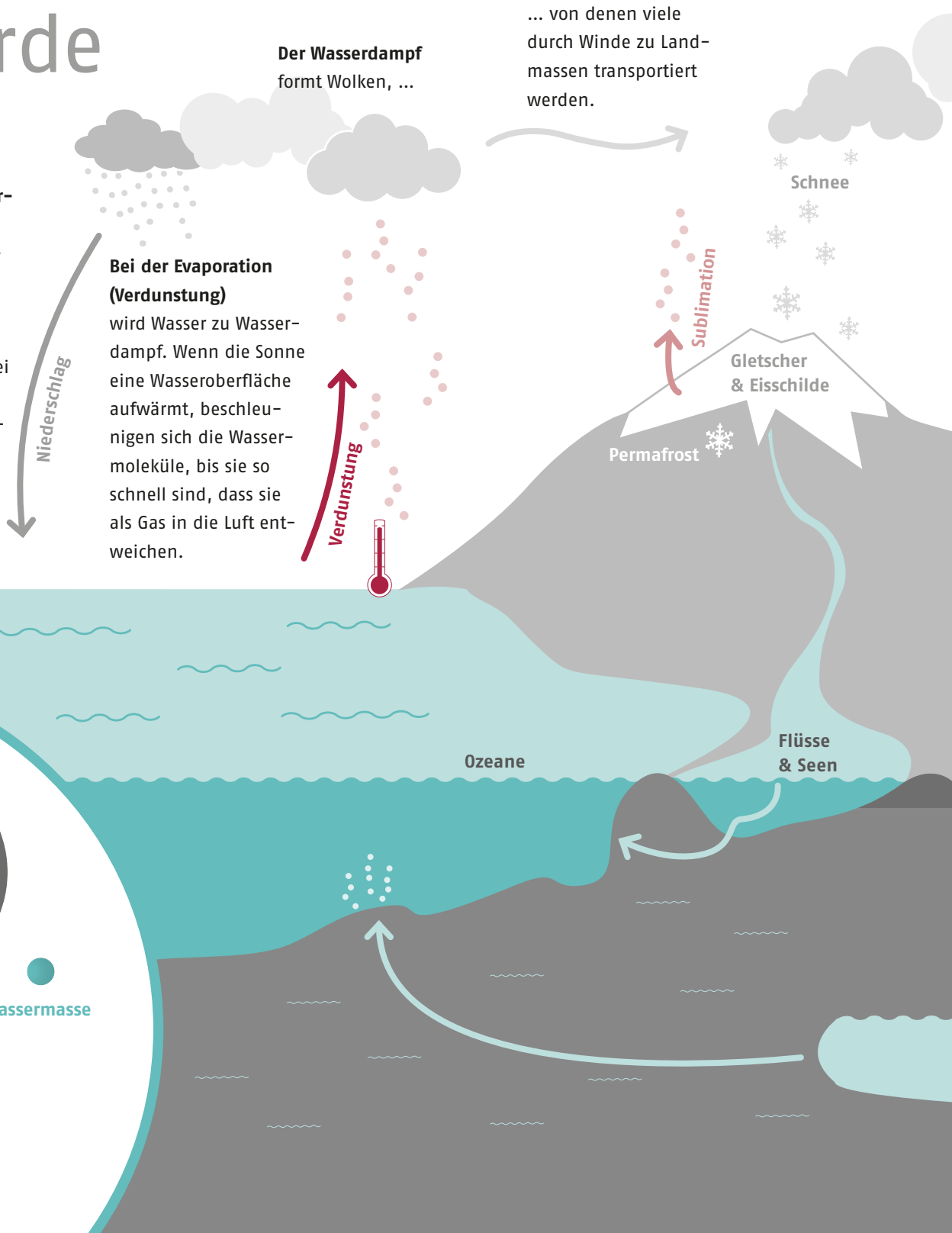
Die Atmosphäre ist die gasförmige Hülle der Erde. In ihr bilden sich Wolken, Wind und Niederschlag. Sie filtert, absorbiert und reflektiert die Strahlung der Sonne und macht damit das Leben auf der Erde erst möglich. Ohne Atmosphäre würde unser Planet einem Schneeball gleichen.



Luft & Wetter

Wasserkreislauf der Erde

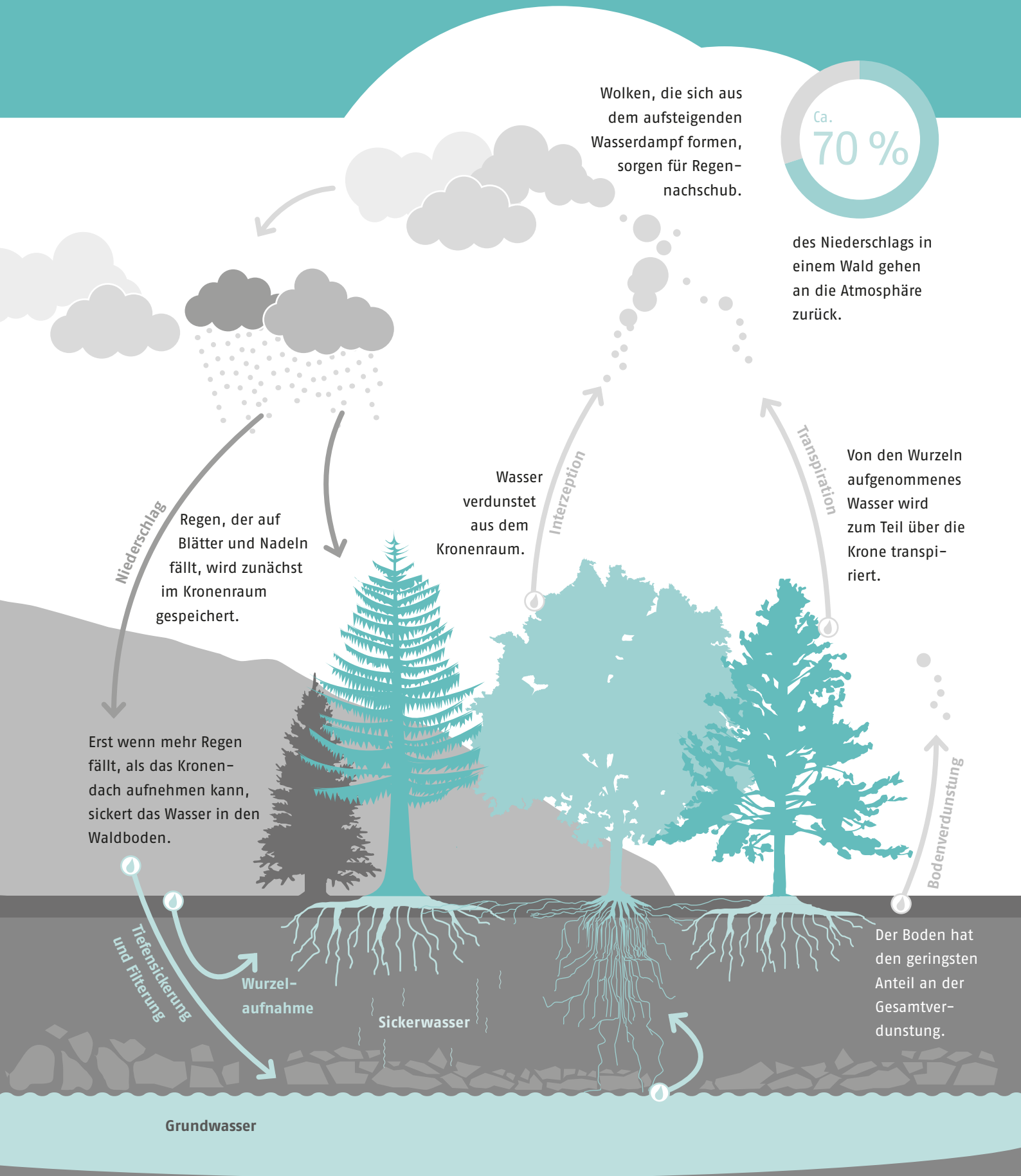
Etwa 70 % der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt. Atmosphäre, Grundwasser, Flüsse, Ozeane und Eismassen tauschen stetig Wasser aus. Dabei ändert sich auch sein Zustand: z. B. von flüssig zu gasförmig oder zu gefroren.



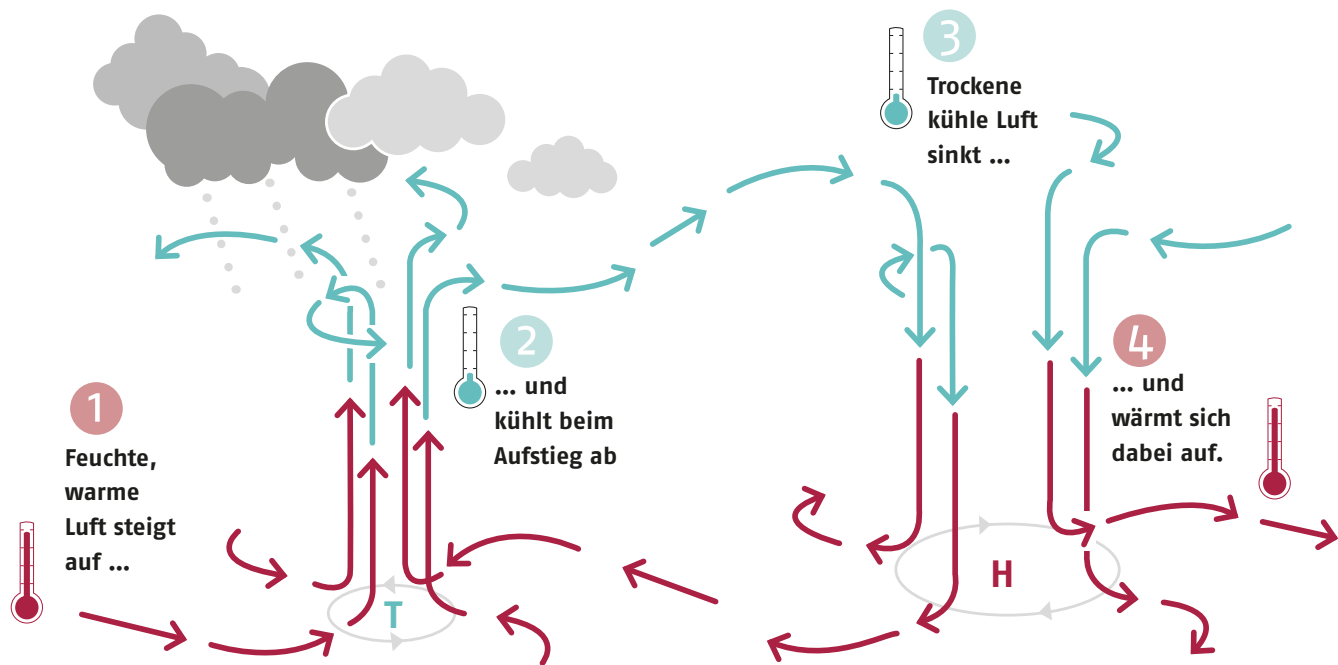
Erdmasse

Wassermasse

Im Vergleich zur Masse der Erde sind unsere Wassermassen winzig.



Luft in Bewegung

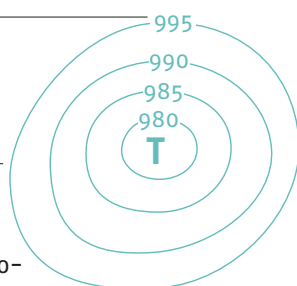


TIEFDRUCKGEBIET

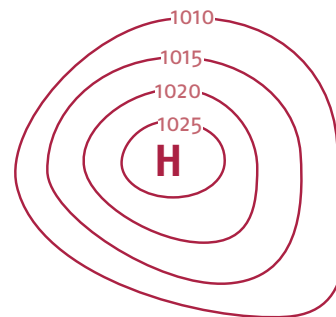
HOCHDRUCKGEBIET

Luftdruck*
in Hektopascal
(hPa)

Isobare
(grenzt Orte
gleichen Luft-
drucks auf meteo-
rologischen
Karten ein)



Windrichtung:
vom Zentrum
aus gegen den
Uhrzeigersinn
(in der Nord-
hemisphäre)



Windrichtung:
vom Zentrum
aus im Uhrzeigersinn
(in der Nordhemi-
sphäre)

*Gewicht der Luftsäule vom äußersten Rand der Atmosphäre bis zur Erdoberfläche

Die Luft in der Atmosphäre steht nie ganz still. Das hat vor allem mit den Temperaturunterschieden zwischen Erdoberfläche und höheren Luftschichten zu tun, die Hoch- und Tiefdruckgebiete erzeugen.

Wenn die Sonne die Erdoberfläche und damit auch die Luft erwärmt, evaporiert Wasser aus Böden und Gewässern und reichert die Luft mit Feuchtigkeit an, zudem dehnt sich die Luft beim Erwärmen aus. So entsteht ein Tiefdruckgebiet:

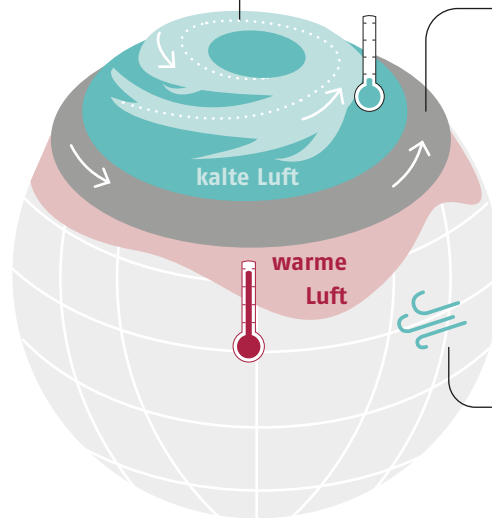
Die warme, feuchte Luft steigt auf, kühlt sich dabei ab und kondensiert, Wolken entstehen. Daher regnet und stürmt es oft in Tiefdruckgebieten.

Etwas weiter entfernt sinkt die abgekühlte Luft wieder ab und erwärmt sich, je näher sie dem Boden kommt. So entsteht ein Hochdruckgebiet, durch dessen absinkende Luftmassen sich die Wolken auflösen. Daher bringen Hochdruckgebiete strahlenden Sonnenschein.

Luftströme an den Polen

Stabiler Polarwirbel

Im Winter geht die Sonne an den Polen nicht mehr auf. Dann sorgt der stärkere Temperaturunterschied zwischen dem jetzt sehr kalten Pol und dem Äquator für einen Polarwirbel: In der Stratosphäre (in 10–50 km Höhe) bildet sich ein schneller Luftstrom kreisförmig um den Nord- und Südpol.



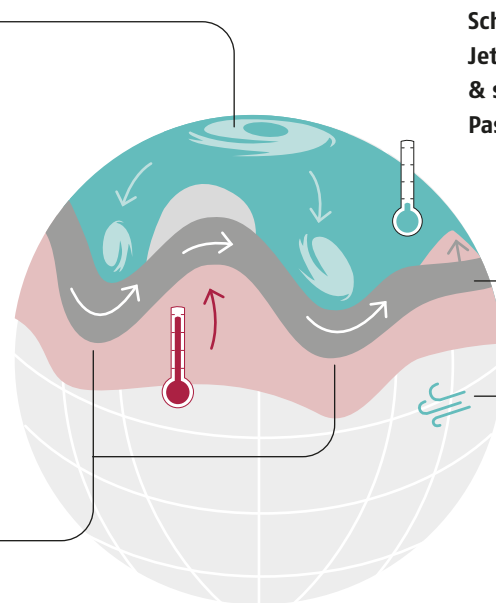
Starker Jetstream

In der Troposphäre, in ca. 8 km Höhe, verläuft der Jetstream. Seine Kraft und Form sind vom Zustand des Polarwirbels abhängig und beeinflussen das Wetter.

Starke
Passatwinde

Auflösung des Polarwirbels

Der arktische Wirbel löst sich im April auf, in Ausnahmefällen wie 2018, 2019 und 2021 bricht er schon im Januar/Februar in mehrere Teile. Die Folgen sind ein schwächerer Jetstream und länger anhaltende, ortsfeste Wetterlagen, die zu extremen Wetterereignissen werden können.



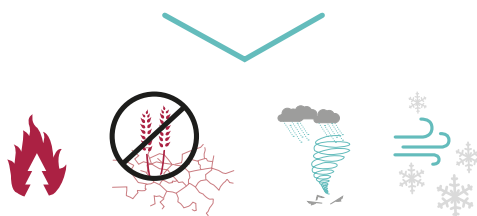
Schwacher
Jetstream
& schwache
Passatwinde

Rosby-Wellen

Wenn das Temperaturgefälle zwischen Pol und Äquator sehr groß wird, schlägt der Jetstream Wellen, sogenannte Rossby-Wellen. Diese können so stark werden, dass sie den Polarwirbel abschwächen und sogar zerteilen.

Klimawandel

Wissenschaftler*innen sind sich uneinig, ob und inwieweit die globale Erwärmung Einfluss auf Polarwirbel und Jetstream hat. Falls die Rossby-Wellen durch die globale Erwärmung stärker werden, könnte das zu stärkeren Dürren und zum Einbruch der globalen Nahrungsmittelproduktion in Regionen führen, in denen ca. 1/4 der weltweiten Nahrungsmittel angebaut werden.



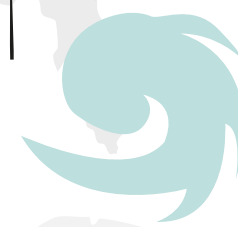
Extreme Stürme

Die Bewegung der Luft kann extreme Formen annehmen, vor allem wenn sich über dem Wasser Wirbelstürme bilden. Je nach Weltregion spricht man von Hurrikans (Atlantik und Ostpazifik), Orkanen (Nordatlantik), Taifunen (Nordwestpazifik) oder Zyklonen (Indischer Ozean und Südwestpazifik).

Im Spätsommer beginnt die Hurrikansaison im Atlantik. Der Ozean ist dann am wärmsten und evaporiert am meisten Wasser. Beträgt die Wassertemperatur an der Oberfläche mehr als 26 Grad, entstehen aus Tiefdruckgebieten tropische Stürme. Durch die globale Erwärmung kann diese Temperaturgrenze in Zukunft öfter überschritten werden, und zerstörerische Stürme wie Hurrikans werden überall auf der Welt wahrscheinlich an Häufigkeit und Stärke zunehmen, besonders stark betroffen sind die karibischen und pazifischen Inselstaaten sowie stark bevölkerte Küsten- und Flussdeltagebiete in Nordamerika und Asien.



>119 km/h



4

Hurrikan

Bei Windgeschwindigkeiten von mind. 119 km/h spricht man von Hurrikans.



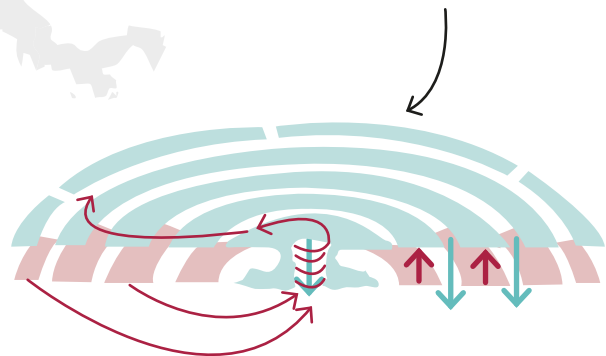
>42 km/h



3

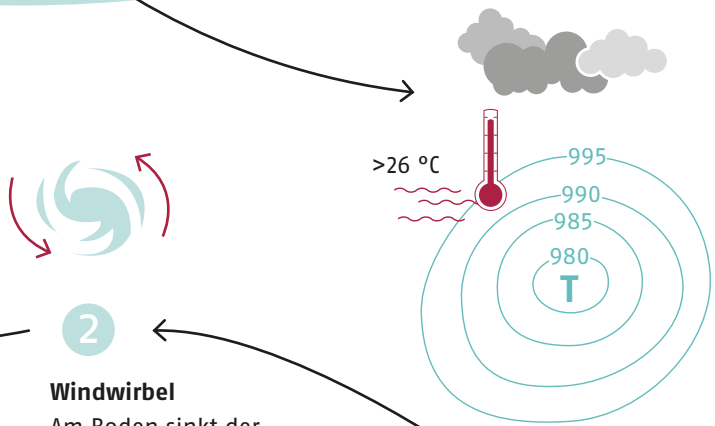
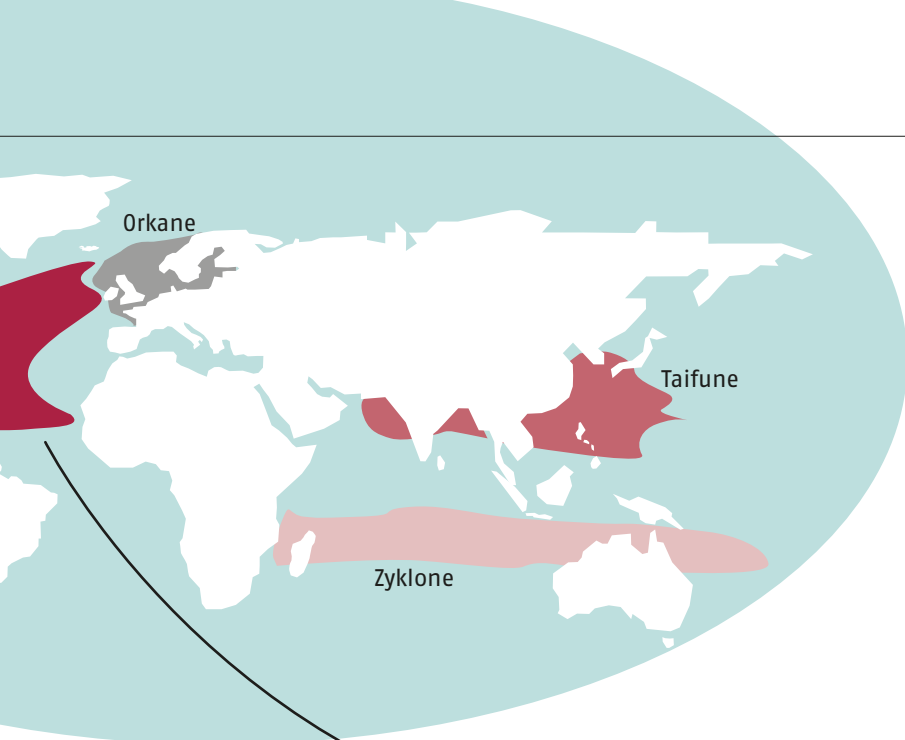
Tropischer Wirbelsturm

Wenn die Windgeschwindigkeit mind. 42 km/h beträgt, spricht man von einem tropischen Sturm.



In einem Wirbelsturm

steigt warme Luft spiralförmig auf, gleichzeitig sinkt in seinem Auge kalte Luft ab. Je mehr feuchtwarme Luft aufsteigt, desto stärker und schneller bewegt sich der Wirbelsturm.



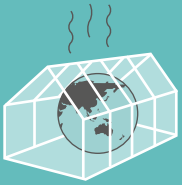
2
Windwirbel
 Am Boden sinkt der Druck, in den höheren Luftschichten steigt er. Das Tief beginnt daraufhin zu rotieren.

1
Tiefdruckgebiet in den Tropen
 Warme, feuchte Luft steigt vom Ozean auf, wenn die Wassertemperatur auf über 26 Grad steigt, können Hurrikanes entstehen.

Hurrikan-Kategorien nach Saffir-Simpson



Quellen: NOAA (2022), Rahmstorf (2018), Velden et al. (2017)



Klima

Der natürliche Treibhauseffekt

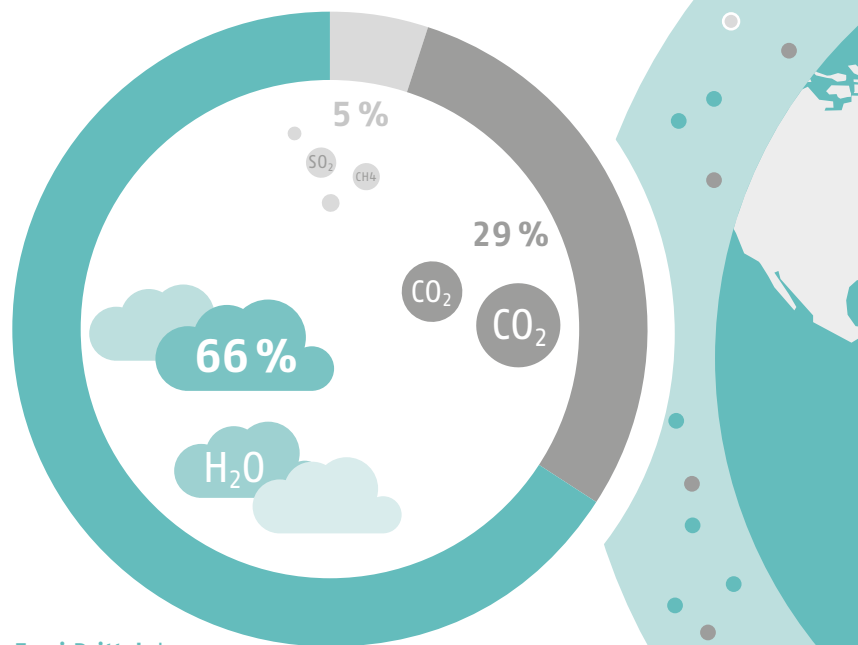
schuf seit Ende der letzten Eiszeit bis ca. 1880 ein moderates, stabiles Klima

Das Leben auf der Erde ist nur möglich, weil auf ihr Temperaturen herrschen, in denen Lebewesen sich wohlfühlen. Diese Temperaturen haben wir den sogenannten Treibhausgasen oder »Klimagasen« zu verdanken: Gasen, die in der Atmosphäre dafür sorgen, dass ein Teil der von der Erde ausgehenden Wärmestrahlung (verursacht durch die Umwandlung von Sonnenlicht) nicht ins All verschwindet, sondern in der Atmosphäre bleibt. Natürliche Treibhausgasen sind v. a. Wasserdampf, Kohlendioxid und Spurengase wie Methan.

Solange die Konzentration der Klimagasen im Gleichgewicht ist, bleibt die Durchschnittstemperatur auf der Erde nahezu konstant – wenn jedoch durch Menschen verursachte Klimagasen hinzukommen, wird es immer wärmer.

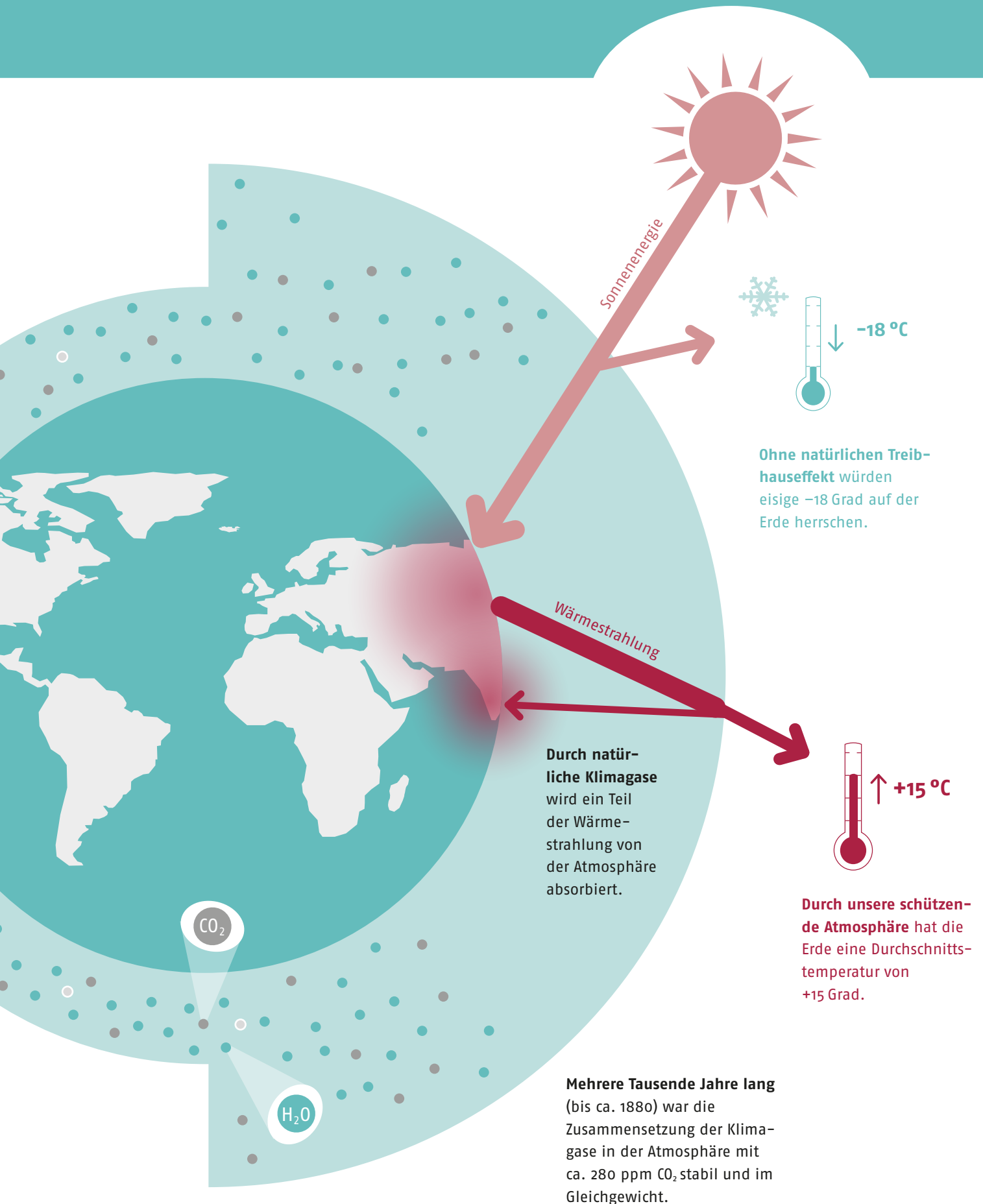
Mehr zu menschengemachten Treibhausgasen ab S. 20

Zusammensetzung der Klimagase



Zwei Drittel des natürlichen Treibhauseffekts werden von Wasserdampf (H₂O) verursacht, knapp ein Drittel von CO₂ und ein kleiner Prozentsatz von weiteren Spurengasen wie Methan (CH₄).

- 1 Punkt steht für 1 %:
- Wasserdampf
 - Kohlendioxid
 - Spurengase



Ohne natürlichen Treibhauseffekt würden eisige -18 Grad auf der Erde herrschen.

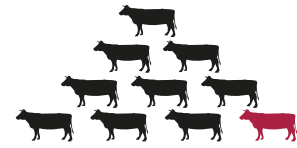
Durch natürliche Klimagase wird ein Teil der Wärmestrahlung von der Atmosphäre absorbiert.

Durch unsere schützende Atmosphäre hat die Erde eine Durchschnittstemperatur von $+15$ Grad.

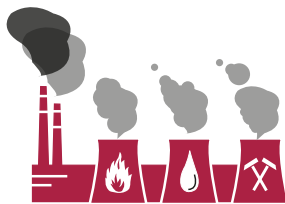
Mehrere Tausende Jahre lang (bis ca. 1880) war die Zusammensetzung der Klimagase in der Atmosphäre mit ca. 280 ppm CO₂ stabil und im Gleichgewicht.

Wir verändern das Klima

mit hohen CO₂-Emissionen, verursacht durch:



Industrielle Landwirtschaft,
Futtermittelherstellung
und Massentierhaltung sowie
Bodendegradation



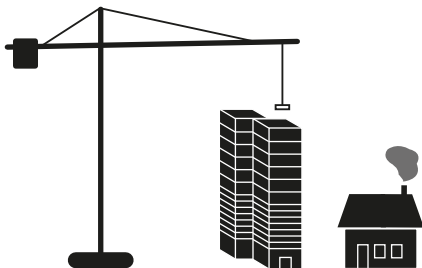
Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Kohle, Öl und Gas für den weltweit steigenden Energiebedarf



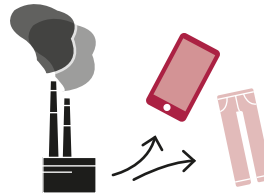
Personen- und Gütertransport
auf Straßen, Flüssen,
Meeren und in der Luft



Waldbrände,
Waldnutzung und
Forstmanagement



Wohnungs- und Hausbau,
Heizen und Energiebedarf
im privaten Sektor



Herstellung von Waren,
Transportmitteln, Textilien
und Möbeln in energie-
intensiven Prozessen

Wir Menschen entlassen seit Beginn der industriellen Revolution (ca. 1880) immer mehr Treibhausgase in die Atmosphäre, sodass die Temperatur immer weiter steigt – seit 1880 bereits um etwa 1,2 Grad. Dass das problematische Folgen hat, wurde bereits auf dem 1. Weltklimagipfel in Berlin 1995 anerkannt. 1997 trat daher das Kyoto-Protokoll der Vereinten Nationen (UN) in Kraft, in dem sich die Industrienationen zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen verpflichteten.

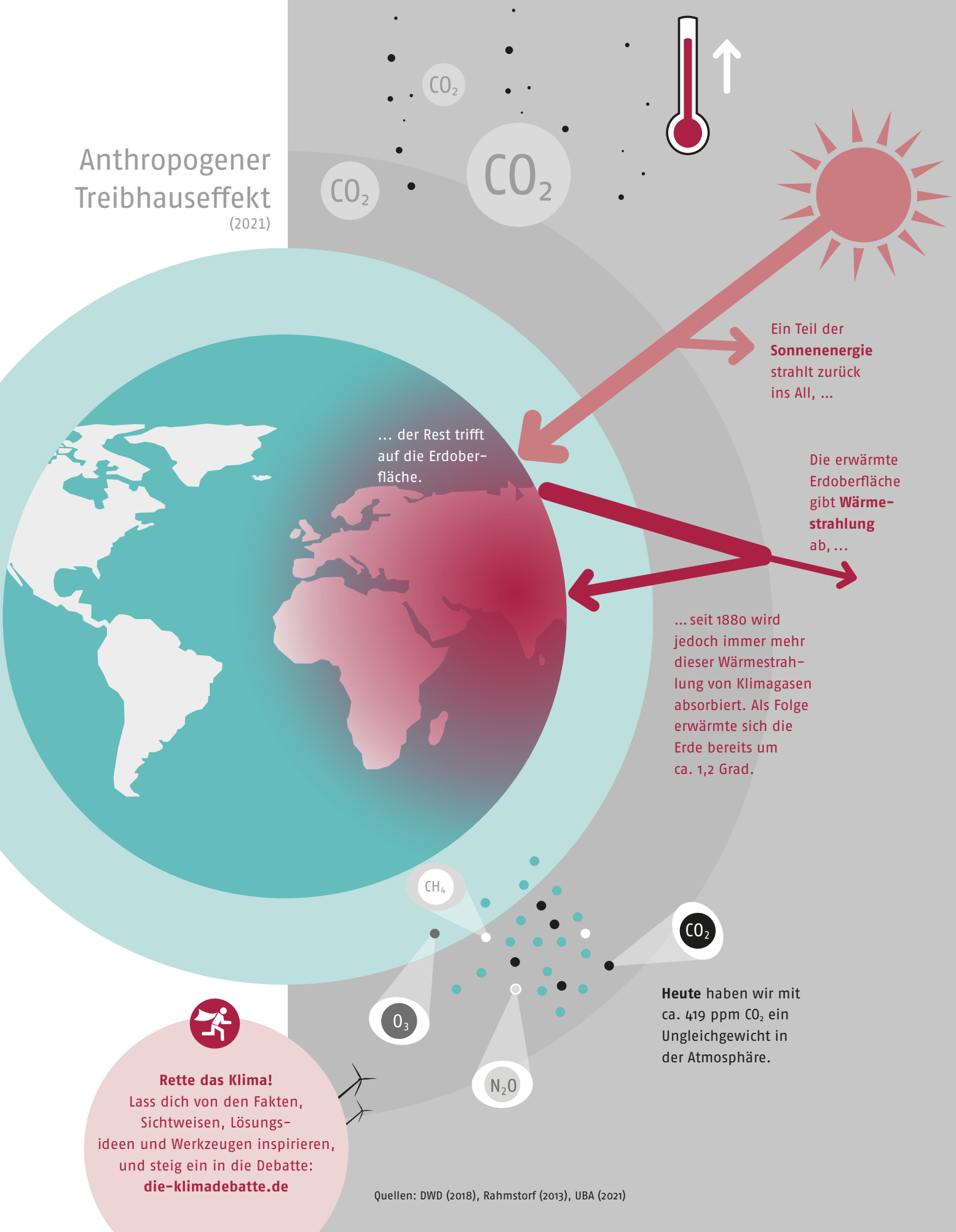


Steigender globaler
(Online-)Konsum
und Lebensstil des Über-
fluss- und Wegwerf-
konsums



Fast 200 Staaten unterzeichneten den Paris-Klimaakkord. Darin einigten sich die Regierungschef*innen darauf, die Erwärmung auf unter 2 Grad, besser 1,5 Grad zu begrenzen. Damit das Leben auf unserer Erde auch für die heutigen Kinder und deren Kinder lebenswert bleibt.

Anthropogener Treibhauseffekt (2021)



Anthropogene Treibhausgase

Die **globale Erwärmung** ist menschengemacht, das belegen unzählige Studien der letzten 30 Jahre. Die wachsenden anthropogenen Treibhausgasemissionen, besonders die Erhöhung des CO₂-Gehalts, sind dafür verantwortlich.

Bis auf die F-Gase waren alle hier dargestellten Spurengase in geringerer Konzentration auch vor dem industriellen Zeitalter in der Atmosphäre vorhanden, ihre Konzentration in der Atmosphäre steigt jedoch stetig an.

64 % Kohlendioxid (CO₂) aus fossilen Brennstoffen und Industrie

Die Förderung, das Verarbeiten und das Verbrennen von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdgas und Erdöl emittierten die größte Menge des Treibhausgases CO₂.

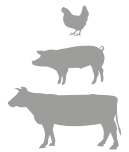
11 % Kohlendioxid aus Forstwirtschaft und Landnutzung

Entwaldung, Waldbrandrodung, Trockenlegung von Torfmooren und Veränderung der Böden durch die Landwirtschaft entlassen ebenfalls CO₂ in die Atmosphäre.



18 % Methan

Durch Massentierhaltung, Mülldeponien, Abwasserkläranlagen, Abbau und Förderung von Brennstoffen und das Tauen des Permafrostbodens entstehen Methanemissionen.



4 % Lachgas (Distickstoffmonoxid)

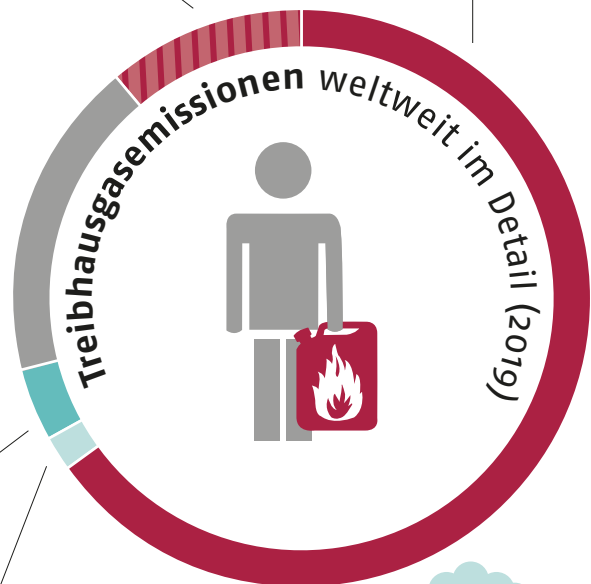
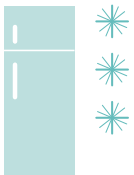
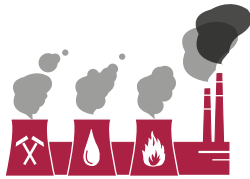
Der Großteil der Lachgasemissionen stammt aus der Landwirtschaft. Die Bearbeitung der Böden, stickstoffhaltige Düngemittel wie Nitrat und Ammoniak sowie Massentierhaltung sind dafür verantwortlich.



2 % F-Gase (Fluorkohlenwasserstoffe)

Fluorkohlenwasserstoffe werden als Treibgas, Kühl- und Löschmittel oder bei der Produktion von Schallschutzscheiben verwendet.





ca. **2/3**



Wasserdampf

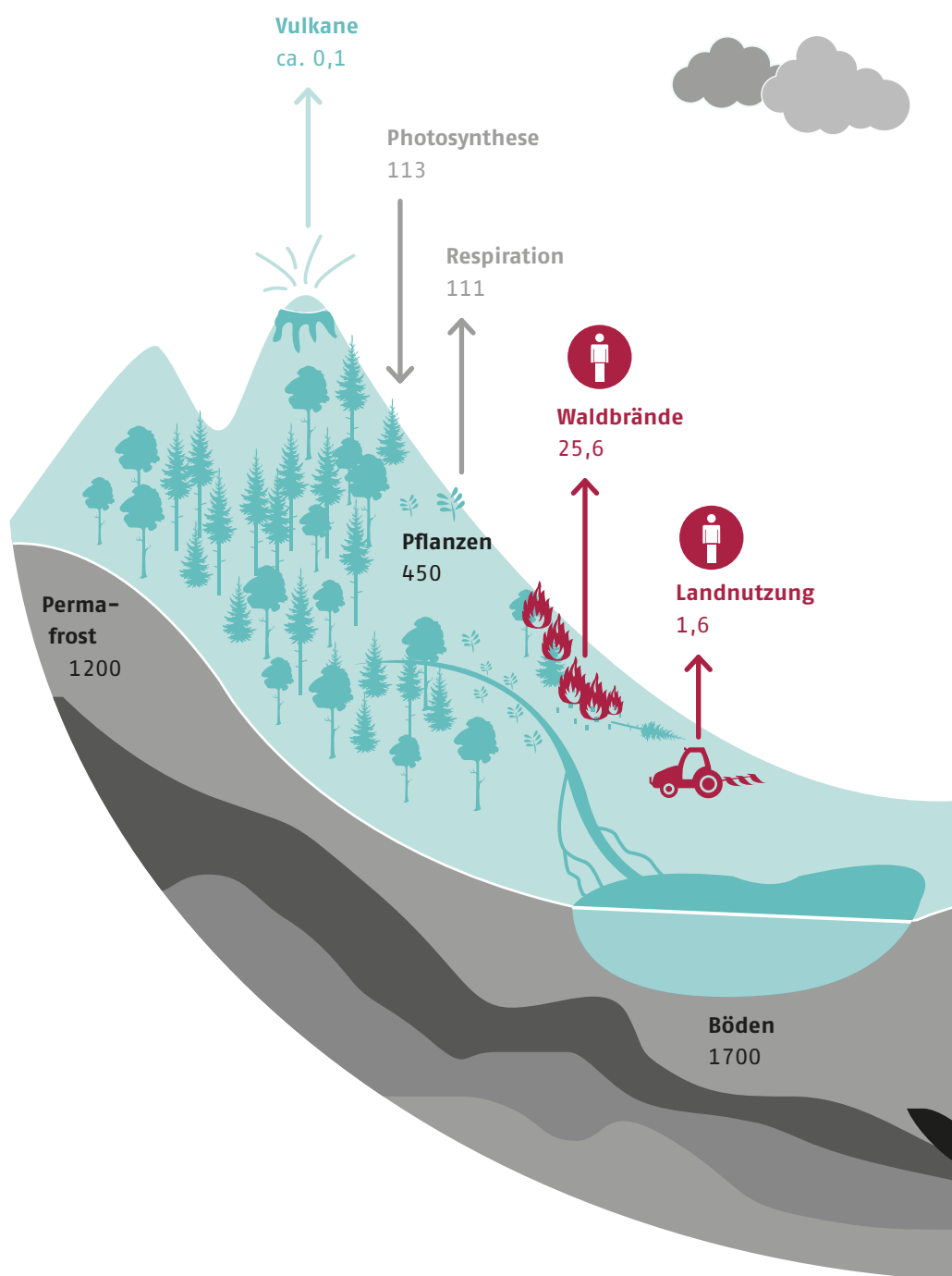
In unserer Atmosphäre befindet sich viel Wasserdampf. Er trägt zu 2/3 zum natürlichen Treibhauseffekt bei, ist also das wichtigste Treibhausgas. Je mehr die Ozean- und Lufttemperaturen ansteigen, umso mehr Wasserdampf gelangt in die Atmosphäre. Weil Wasserdampf Wolken und Regen bildet, ergibt sich ein ständiger Kreislauf, der das Klima stark beeinflusst.

Komplexe Kohlenstoffkreisläufe

Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist das am meisten diskutierte Klimagas. Seine Grundlage, Kohlenstoff, ist ein Baustein allen Lebens auf der Erde und wird in einem globalen Kreislauf aufgenommen, gespeichert und wieder an die Atmosphäre abgegeben. Pflanzen nutzen Kohlenstoff z. B. zur Photosynthese – sie erstellen daraus Zucker, der für das Wachstum der Pflanze unersetzlich ist. Kohlenstoff kann sich dabei mit anderen Elementen verbinden, wie z. B. Sauerstoff, Stickstoff oder Phosphor. Pflanzen nehmen also CO₂ auf, geben ihn aber auch wieder in die Atmosphäre ab, etwa wenn Blätter verrotten.

Durch menschliche Aktivitäten gelangen zusätzlich große Mengen Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre, da es z. B. bei der Verbrennung von Öl, Gas und Holz entsteht. Auch durch die Zerstörung von Ökosystemen, die viel CO₂ gespeichert haben, etwa Moore, erhöhen wir die CO₂-Emissionen.

Die menschengemachte Erderwärmung führt zudem zu »Rückkopplungen« im Klimasystem: Durch die zunehmende Erwärmung der Meere können diese z. B. weniger CO₂ aufnehmen, was die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre weiter steigen lässt.



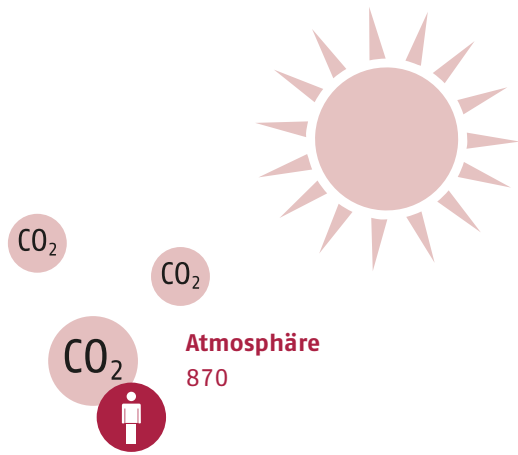
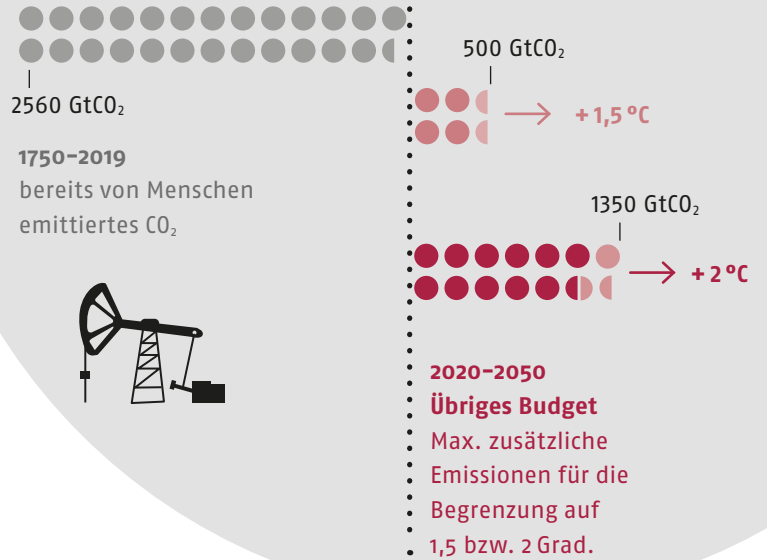
UNSER »CO₂-BUDGET«

Je mehr CO₂ wir emittieren, desto stärker steigt die globale Temperatur. Ziel sollte eine Beschränkung auf +1,5 Grad sein.

VERGANGENHEIT
(Erwärmung um 1,1 °C)

HEUTE
(+1,2 °C)

ZUKUNFTSSZENARIEN
(1,5–2 °C)

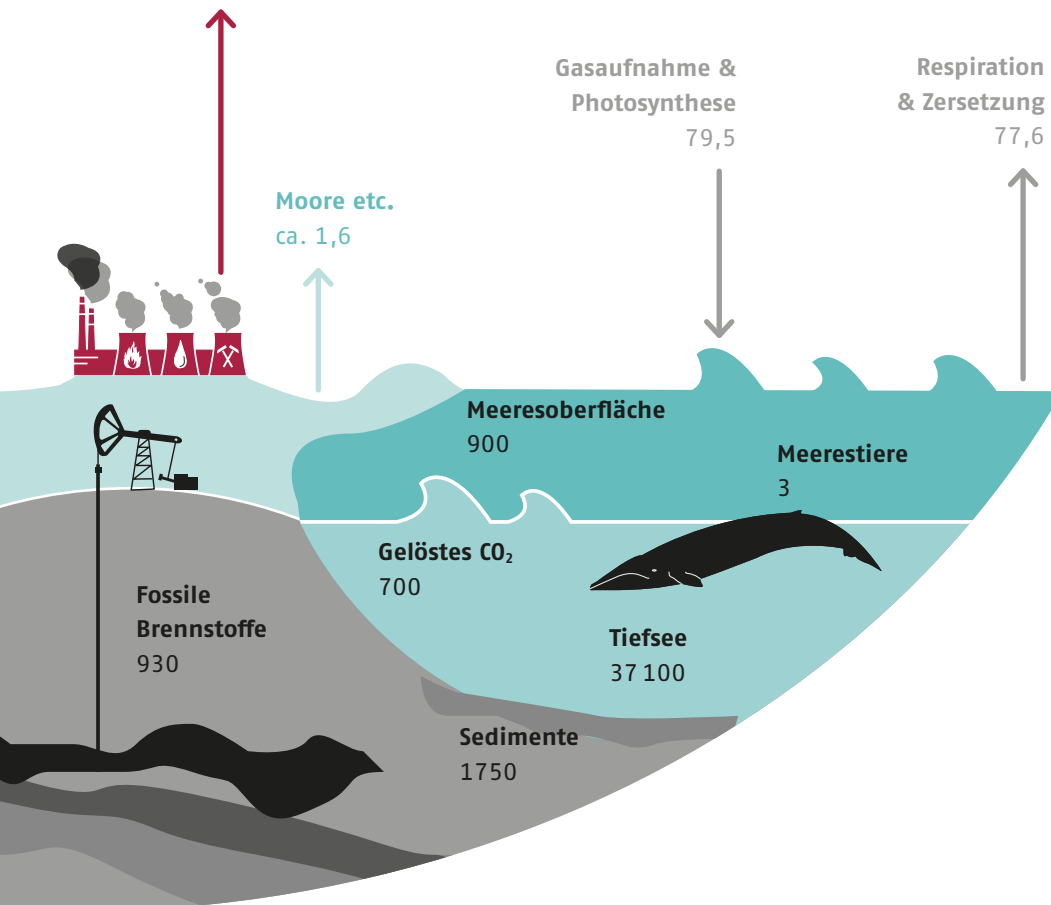


Verbrennen von fossilen Brennstoffen
9,4

Gasaufnahme & Photosynthese
79,5

Respiration & Zersetzung
77,6

Moore etc.
ca. 1,6



Kohlenstoffgehalte in Gigatonnen (GtC)

→ Kohlenstoffflüsse in GtC pro Jahr

→ stark schwankende Kohlenstoffflüsse in GtC pro Jahr

Veränderung durch den Menschen

Umrechnung:
100 Gt CO₂ enthalten
27 Gt Kohlenstoff.

Paralleles Wachstum: Weltbevölkerung und CO₂-Gehalt

Weltbevölkerung in Milliarden

Ebenso rapide wie das Bevölkerungswachstum steigt auch der Bedarf an Energie, Transport- und Lebensmitteln. In der Folge steigen die CO₂-Emissionen weltweit an.

Regionen mit dem voraussichtlich höchsten Bevölkerungswachstum 2010–2100

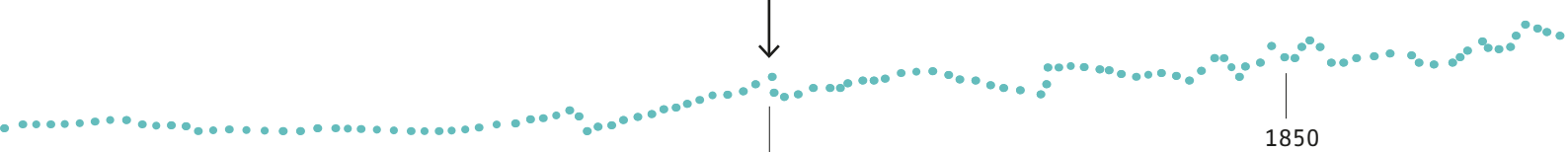
- 70–220 %
- 220–1200 %

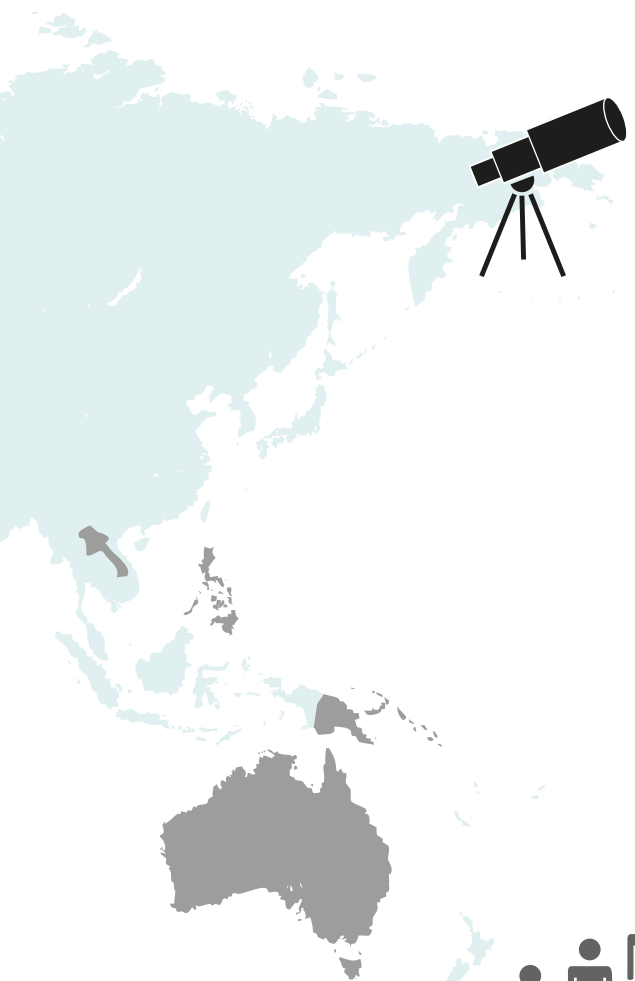


Weltbevölkerung 1800:
0,9 Milliarden Menschen
CO₂-Gehalt: 270 ppm

1800

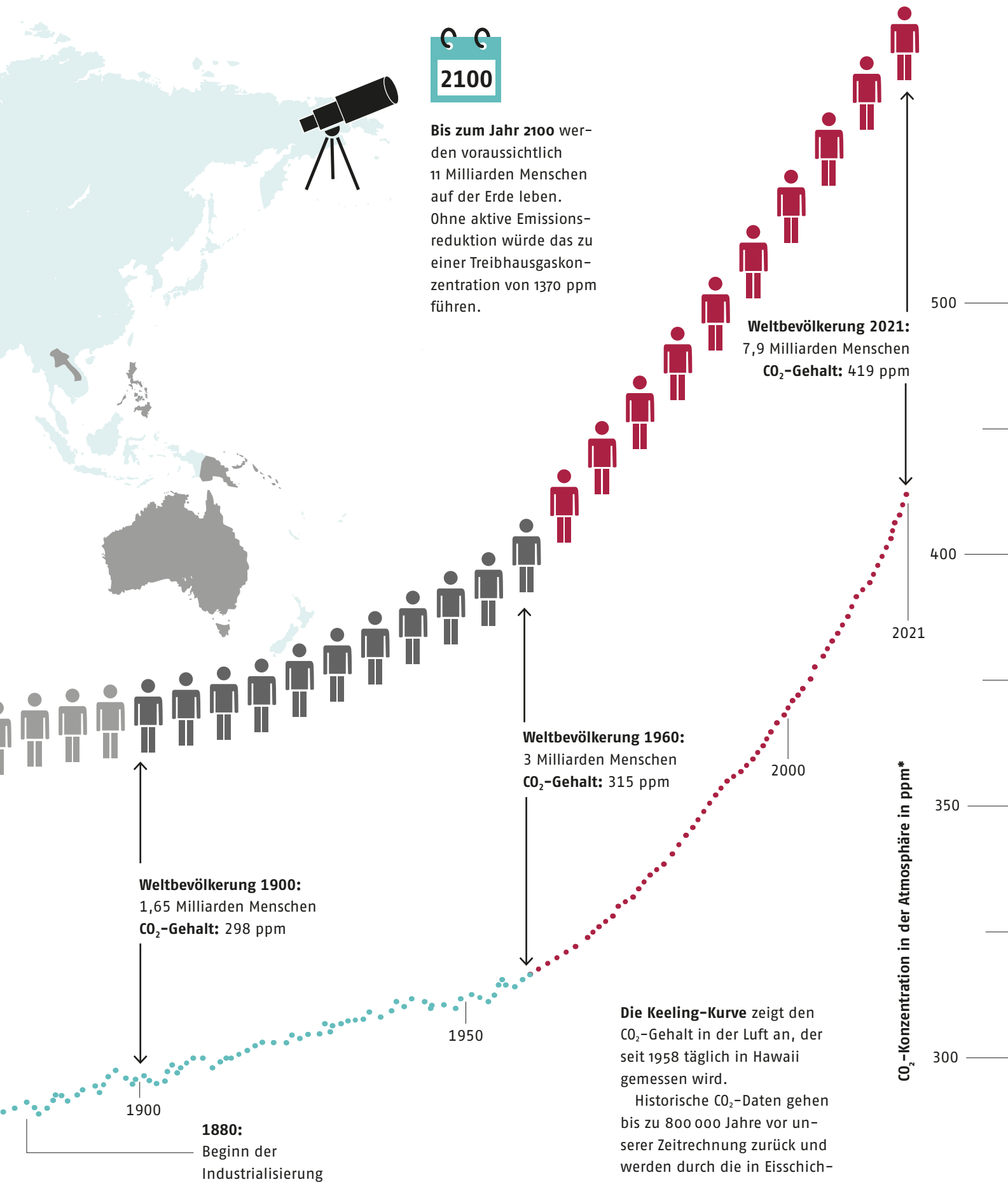
1850





2100

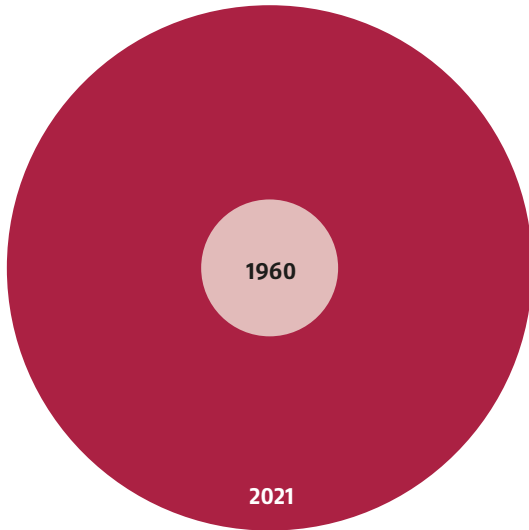
Bis zum Jahr 2100 werden voraussichtlich 11 Milliarden Menschen auf der Erde leben. Ohne aktive Emissionsreduktion würde das zu einer Treibhausgaskonzentration von 1370 ppm führen.



Die Keeling-Kurve zeigt den CO₂-Gehalt in der Luft an, der seit 1958 täglich in Hawaii gemessen wird.

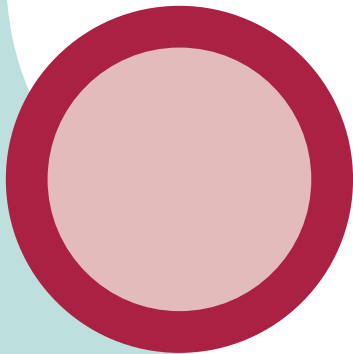
Historische CO₂-Daten gehen bis zu 800 000 Jahre vor unserer Zeitrechnung zurück und werden durch die in Eisschichten eingeschlossenen Gase ermittelt.

CO₂-Emissionen: Top 10



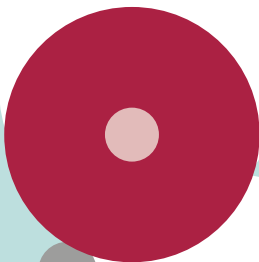
1 CHINA

779 (1960) » 11 472 (2021)
Millionen Tonnen (Mt) CO₂



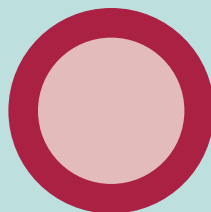
2 USA

2888 » 5007 Mt CO₂



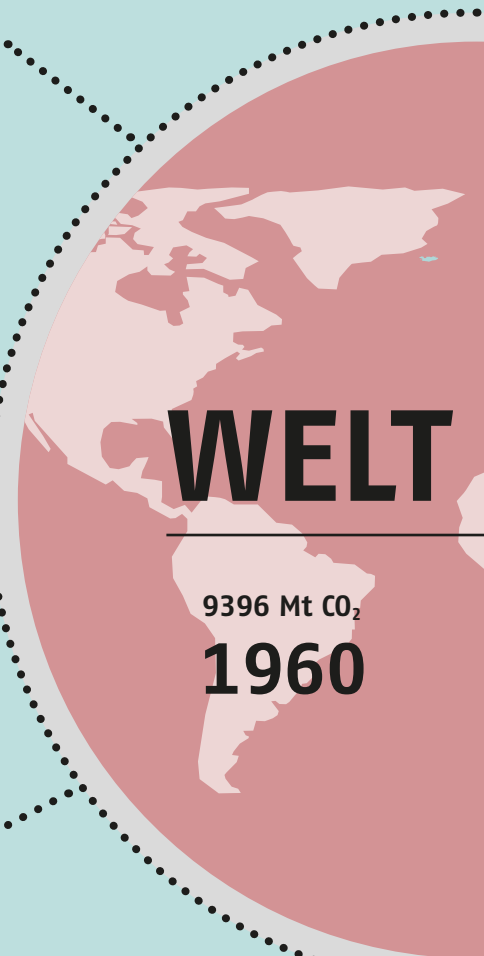
3 INDIEN

121 » 2710 Mt CO₂



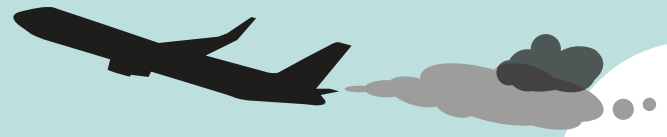
4 RUSSLAND

890 » 1756 Mt CO₂



● Emissionszunahme
seit 1960

● Emissionsreduktion



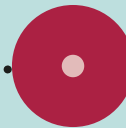
10 SÜDKOREA

13 » 616 Mt CO₂



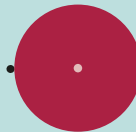
9 INDONESIA

21 » 619 Mt CO₂



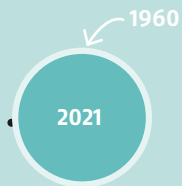
8 SAUDI-ARABIEN

3 » 672 Mt CO₂



7 DEUTSCHLAND

814 » 675 Mt CO₂



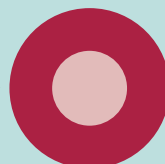
6 IRAN

37 » 749 Mt CO₂



5 JAPAN

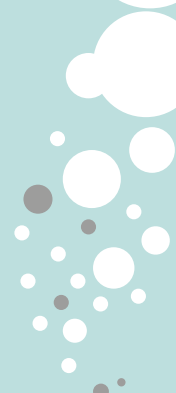
233 » 1067 Mt CO₂



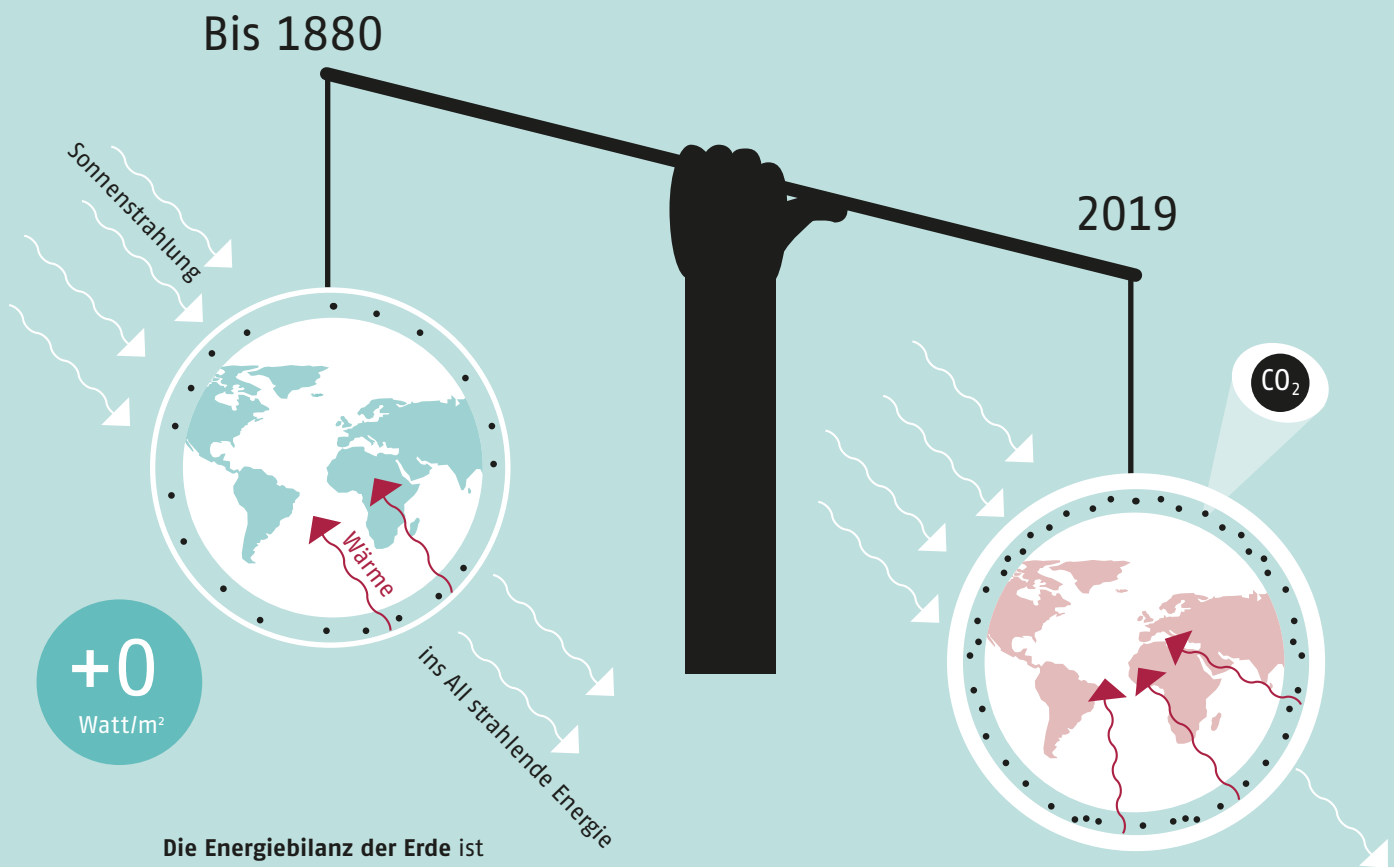
WEIT

37 124 Mt CO₂

2021



Der Energiehaushalt ist im Ungleichgewicht, ...



Die Energiebilanz der Erde ist für die Stabilität des Klimas verantwortlich. Der natürliche Treibhauseffekt bewirkt, dass unser Planet auf angenehmen 15 Grad gehalten wird.

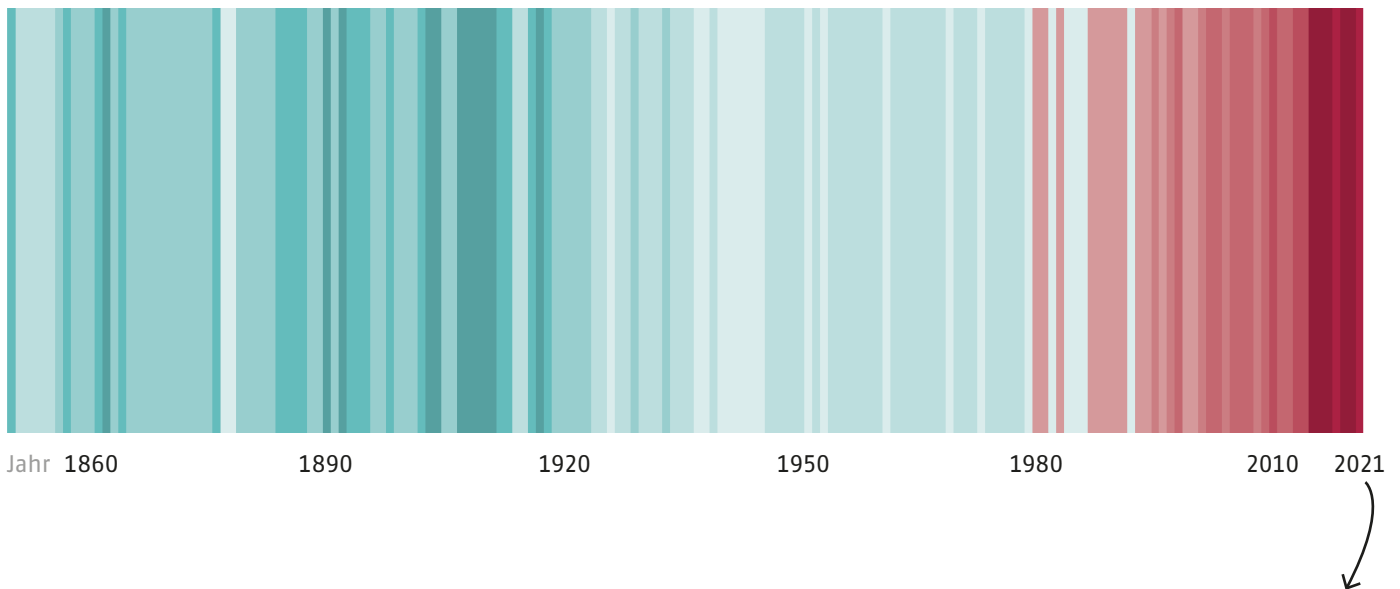
Durch die stetig steigende Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre wird mehr Wärmestrahlung zurück auf die Erde gelenkt. Zudem wird durch das schwindende Meereis weniger Wärmestrahlung zurück ins All reflektiert.

Als Resultat erwärmt sich unser Planet heute (2019) um ca. 1 Watt pro Quadratmeter, seit 2005 hat sich dieser Wert verdoppelt.

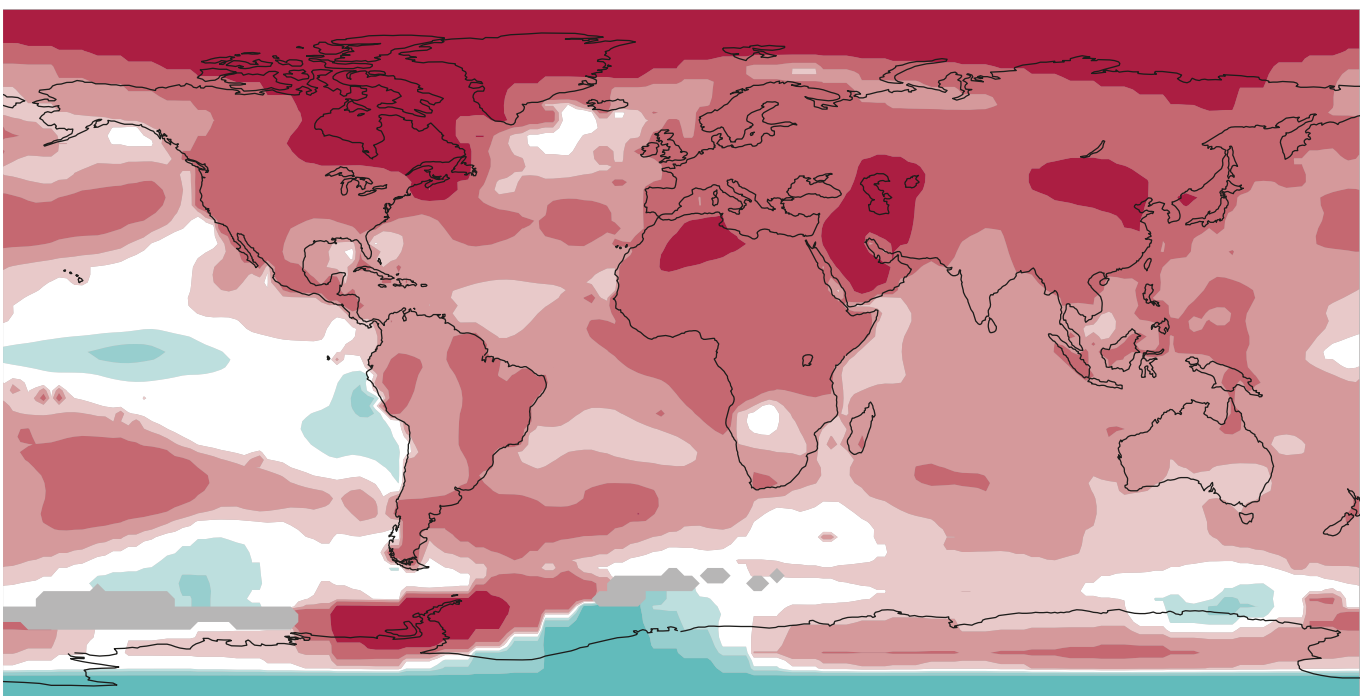
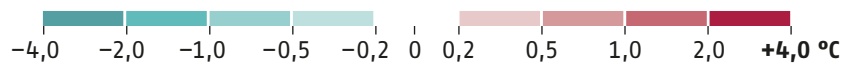
... und die Erde erwärmt sich

+1,2 °C
wärmer

Temperaturveränderung
(weltweit, 1850–2021)

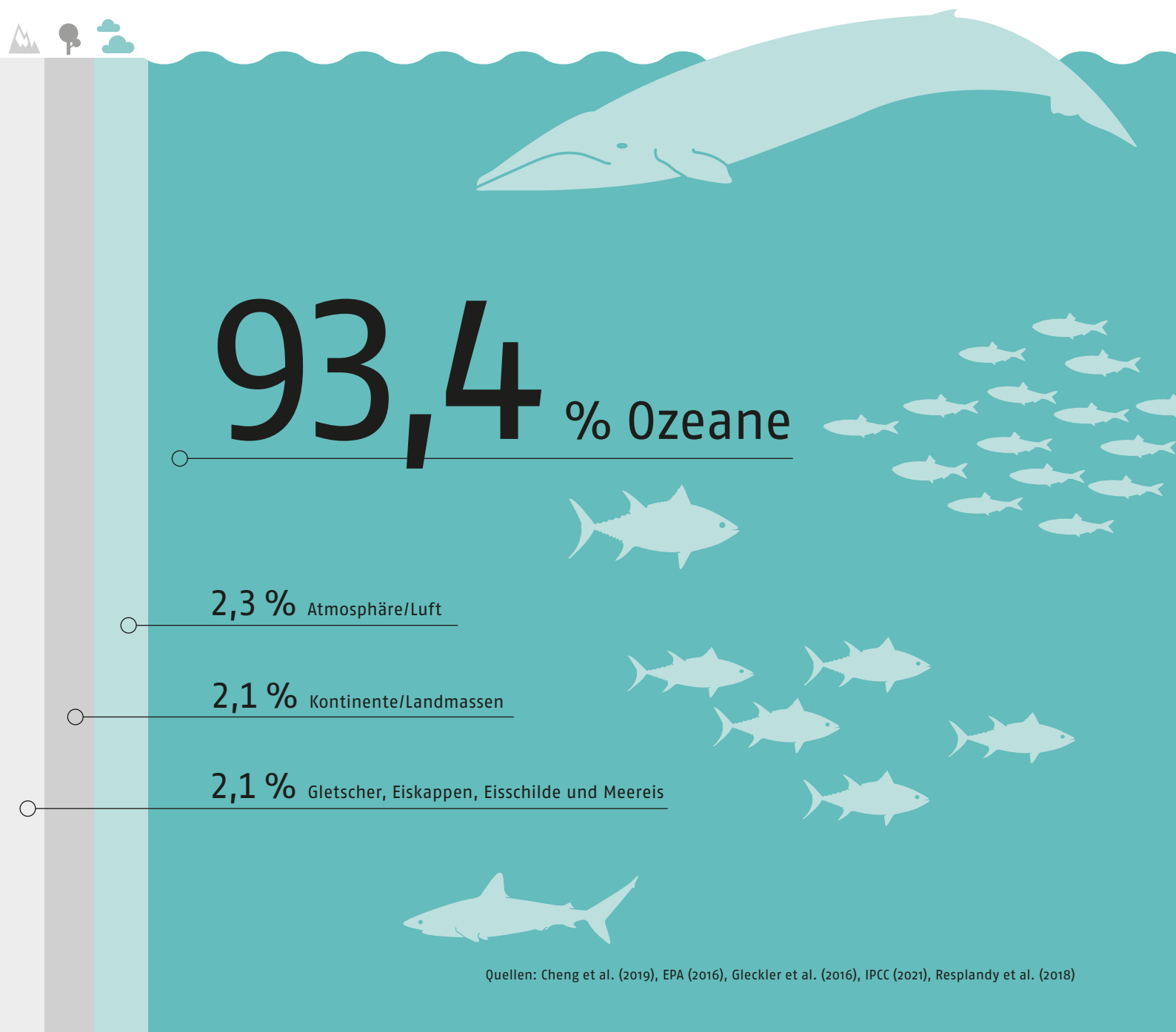


Temperaturveränderung im Jahr 2021
(im Vergleich zu 1951–1980)



Die Verteilung der Wärme

Die durch den Treibhauseffekt zusätzlich erzeugte Wärmeenergie wird aufgenommen von:



The infographic features a vertical bar on the left side with four segments, each corresponding to a percentage of heat energy. The background is a teal color representing the ocean, with a white whale at the top, a school of small fish on the right, and a shark at the bottom. The text is in a large, bold, black font.

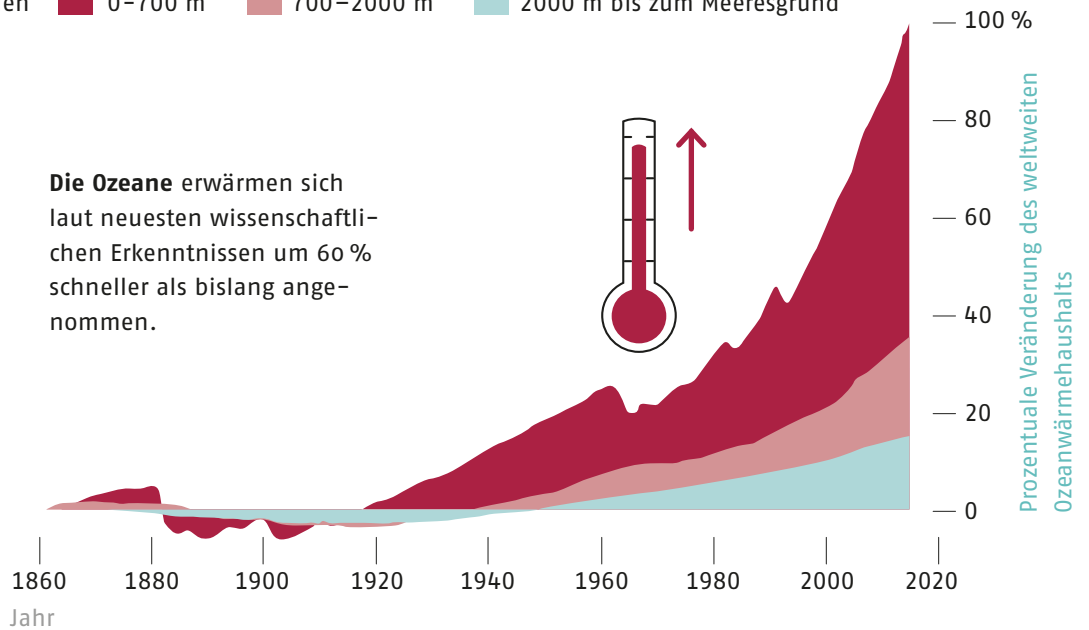
93,4 % Ozeane

2,3 % Atmosphäre/Luft

2,1 % Kontinente/Landmassen

2,1 % Gletscher, Eiskappen, Eisschilde und Meereis

Gemessene Wassertiefen ■ 0–700 m ■ 700–2000 m ■ 2000 m bis zum Meeresgrund



Durch die Erderwärmung steigt langfristig auch die Temperatur des Meerwassers. Die wärmer werdende Flüssigkeit dehnt sich aus, was zu einem Anstieg des Meeresspiegels führt. Auch das Abschmelzen von Gletschern und Eisschilden trägt dazu bei, dass sich der Meeresspiegel erhöht – würden etwa sämtliche Eismassen in Grönland schmelzen, stiege der Meeresspiegel im Durchschnitt um mindestens 7 Meter.

Forscher rechnen bis zum Jahr 2100 mit einem Anstieg des Meeresspiegels um 80–150 Zentimeter, das Abschmelzen der Eisschilde miteingerechnet. Allerdings lässt sich gerade dieses Abschmelzen nur schwer mit Computermodellen berechnen: Durch immer wärmer werdende Ozeane verändert sich die Dynamik der Eismassen, daher ist bislang unklar, wie schnell der Eisverlust an den Antarktischen Eisschilden fortschreiten wird. *s. S. 82/83*



Rette die Meere!

Die Ozeane sind wichtig und müssen vor Ausbeutung bewahrt werden. Hilf mit und engagiere dich bei einer der vielen NGOs, z. B. [meeresstiftung.de](https://www.meeresstiftung.de) [sea-shepherd.de](https://www.sea-shepherd.de)

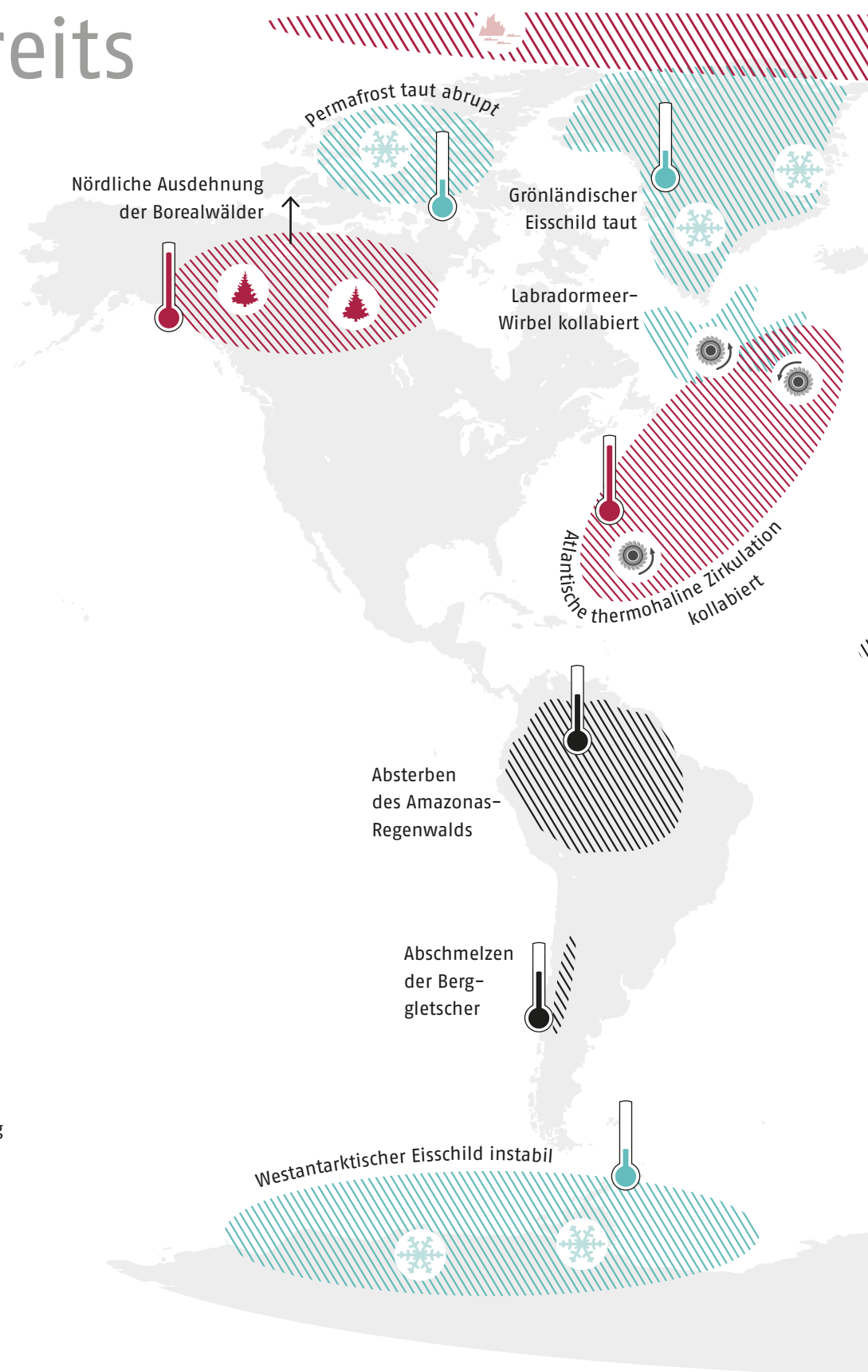





Das Klima kippt bereits

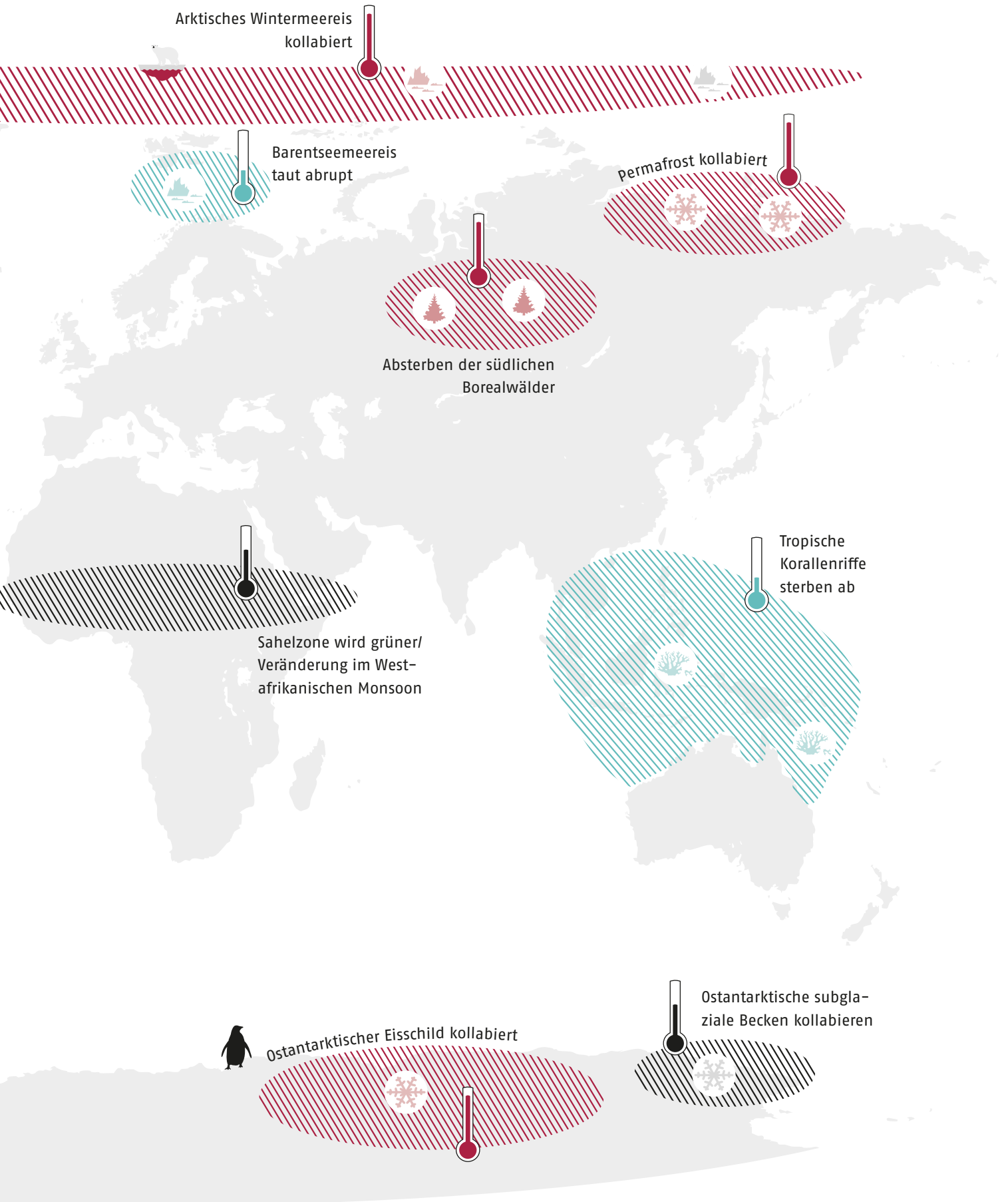
Die Erde erwärmt sich und mit ihr Regionen, die sensibel auf kleinste Temperaturerhöhungen reagieren. Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass bereits einige Kippunkte im Klimasystem mit der heutigen Erwärmung um 1,2 Grad erreicht sein könnten und dass bei 1,5 bis 2 Grad Erwärmung sechs Kippunkte unumkehrbar ausgelöst werden: Der Westantarktische Eisschild ist solch ein Kippunkt und bereits instabil, sein Abschmelzen würde den Meeresspiegel drastisch erhöhen. Permafrostböden tauen bereits in Kanada und Russland und entlassen das potente Klimagas Methan in die Atmosphäre. Die drohende Veränderung dieser Gebiete wird oft zusätzlich dadurch verschärft, dass sie – wie etwa das drohende Absterben der Korallenriffe – unwiederbringlich sind.

Eine lebensbedrohliche Verstärkung der menschengemachten Klimakrise ist ab 2 Grad Erwärmung vermutlich nicht mehr zu stoppen, da sich die Klimafolgen wie im Dominoeffekt gegenseitig verstärken und neue Kippunkte auslösen werden.

Die Zeit zu handeln ist jetzt dringender denn je: Wir steuern mit den aktuellen Emissionsreduktionen auf 2,6 Grad zu – das ist nicht akzeptabel.



Kipppunkt erreicht bei einer Erwärmung um:  bis zu 2 °C  2 – 4 °C  4 °C oder höher



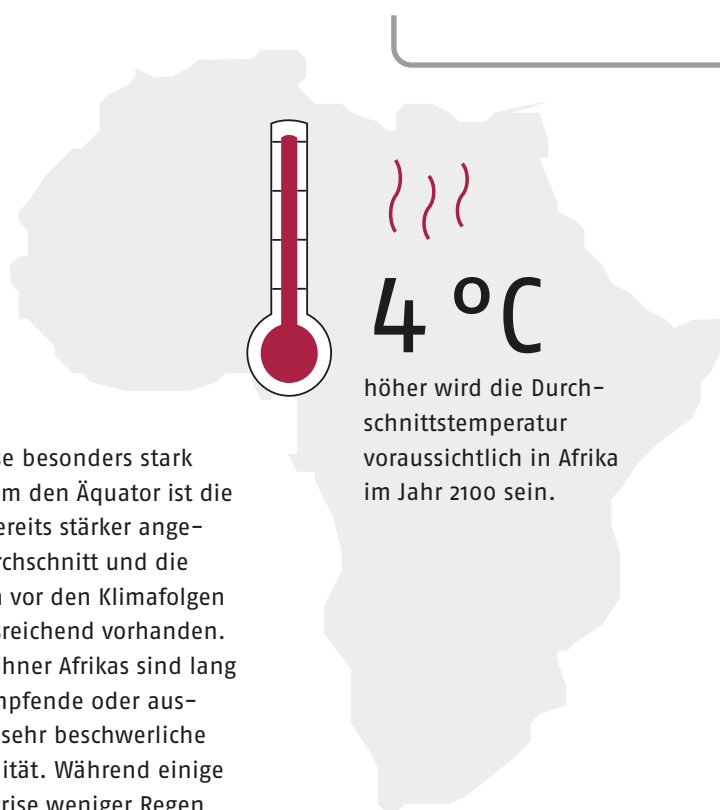
Folgen der Klimakrise



Veränderung von Ökosystemen führt u. a. zu sinkender Artenvielfalt und höherer Rate an aussterbenden und bedrohten Arten.



Steigender Wassermangel durch länger andauernde Dürren und höheren zukünftigen Bedarf



Afrika ist von der Klimakrise besonders stark betroffen. In den Staaten um den Äquator ist die Durchschnittstemperatur bereits stärker angestiegen als im globalen Durchschnitt und die finanziellen Mittel, um sich vor den Klimafolgen zu schützen, sind nicht ausreichend vorhanden.

Für ein Drittel aller Bewohner Afrikas sind lang anhaltende Dürren, schrumpfende oder austrocknende Seen und eine sehr beschwerliche Landwirtschaft bereits Realität. Während einige Regionen durch die Klimakrise weniger Regen erhalten, werden andere Regionen z. B. in Westafrika in Zukunft mit stärkeren Niederschlägen, Stürmen und Überflutungen konfrontiert sein.

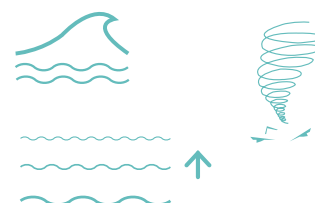
Trinkwasser- und Nahrungsmangel werden sich durch die Klimakrise global noch verstärken. Die UN geht von weltweit ca. 50 Millionen zusätzlichen »Umweltflüchtlingen« aus, die durch den Klimawandel nahezu unbewohnbare ländliche Gegenden verlassen und vermehrt in größere Städte ziehen werden. Für jedes zusätzliche Grad Erwärmung werden ca. 1 Milliarde Menschen weltweit z. B. aus Überflutungs- oder Dürregebieten umsiedeln müssen.

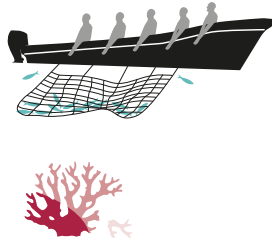


Meeresspiegelanstieg und Extremwetter führen u. a. durch Überflutungen zu Problemen in der Infrastruktur, Trinkwasserversorgung und zu Gesundheitsproblemen.



Rette Leben!
Unterstütze natürliche Regenerationsprojekte wie die FMNR-Methode, um verödete Landschaften nachhaltig wieder zum Ergrünen zu bringen:
fmrhub.com.au

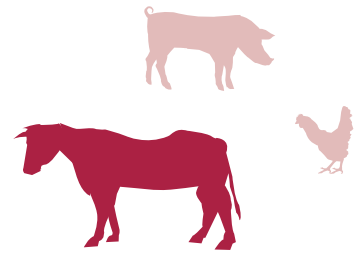




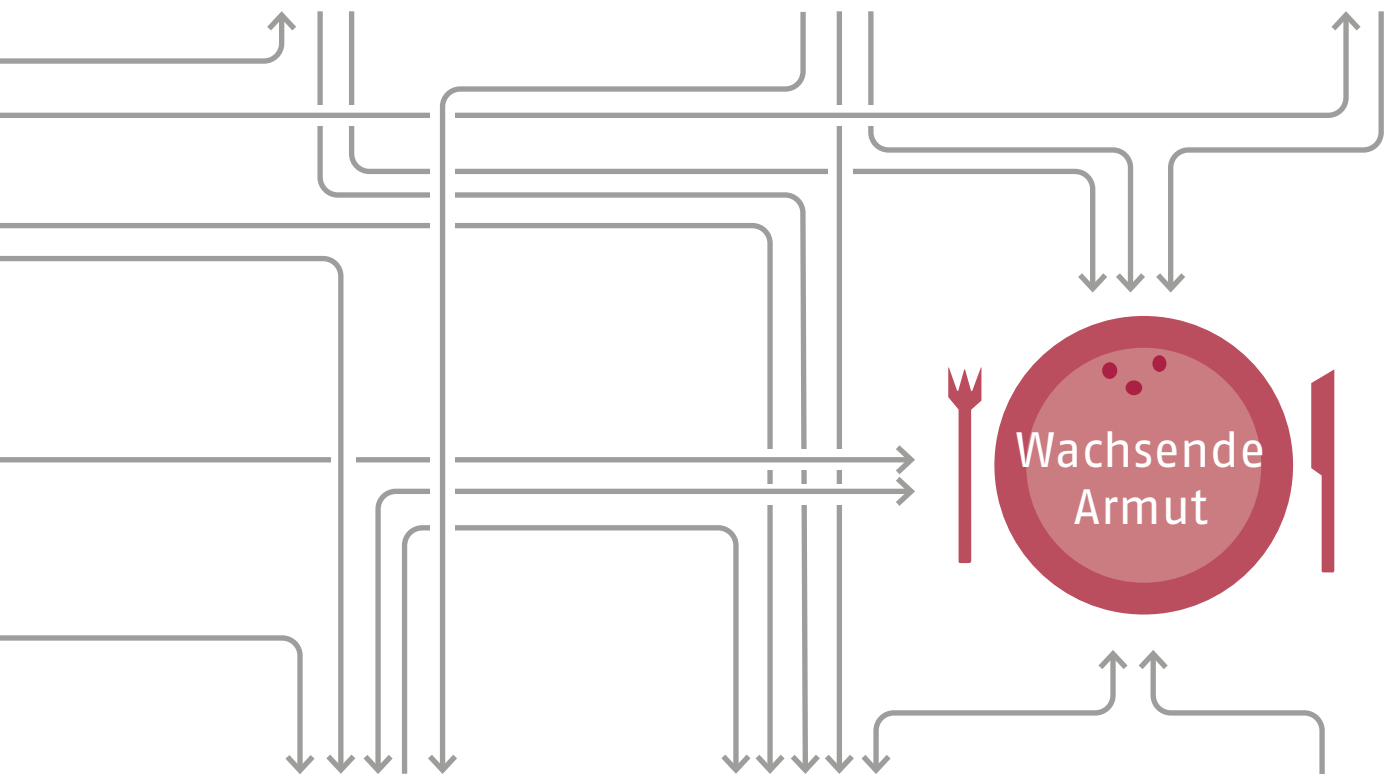
Degradation der Korallenriffe führt zu sinkenden Fischbeständen sowie Erwerbs- und Nahrungseinbußen der traditionellen Fischer.



Hohe Ernteaufälle durch Dürren und Überflutungen führen zu Nahrungsmittelknappheit und Gesundheitsproblemen.

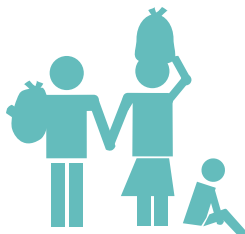


Geschwächte Nutztiere sind durch Hitze, Trinkwasserknappheit und Futtermangel anfälliger für Krankheiten und vorzeitigen Tod.



Wachsende Armut

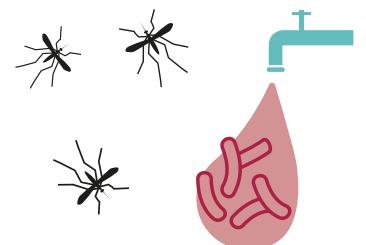
Klimamigration nimmt zu und kann zu Unruhen, zum Verstärken von gewaltsamen Konflikten, Menschenrechtsverletzungen und politischer Instabilität führen.

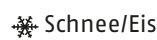


Unterernährung steigt in der Bevölkerung und führt zu lebenslangen Gesundheitsproblemen. Auslöser sind u. a. klimabedingte Ernteaufälle oder Flucht.



Von Mücken oder kontaminiertem Wasser übertragene Krankheiten wie Malaria oder Cholera nehmen durch Starkregen und Hitze zu und verlagern sich geografisch.





Extremes Wetter



Die Klimakrise ist überall auf der Welt bereits in Form zunehmender extremer Wetterereignisse spürbar, auch in Deutschland.

Seit dem Jahr 2000 gibt es ein eigenes, stetig wachsendes Forschungsgebiet namens »extreme event attribution« (»Zuordnung von extremen Ereignissen«). Dabei wird berechnet, wie wahrscheinlich es ist, dass ein Ereignis in Zusammenhang mit der menschengemachten Klimakrise steht: ob oder inwiefern der Einfluss des Klimawandels thermische Prozesse verändert hat, die zu dem Ereignis geführt haben könnten.

In dieser Karte sind die Ergebnisse von knapp 100 Studien verortet, die eindeutig zu dem Ergebnis kamen, dass die menschengemachte Klimakrise als Auslöser oder Verstärker des jeweiligen Wetterereignisses identifizierbar ist.



Überflutung



Dürre



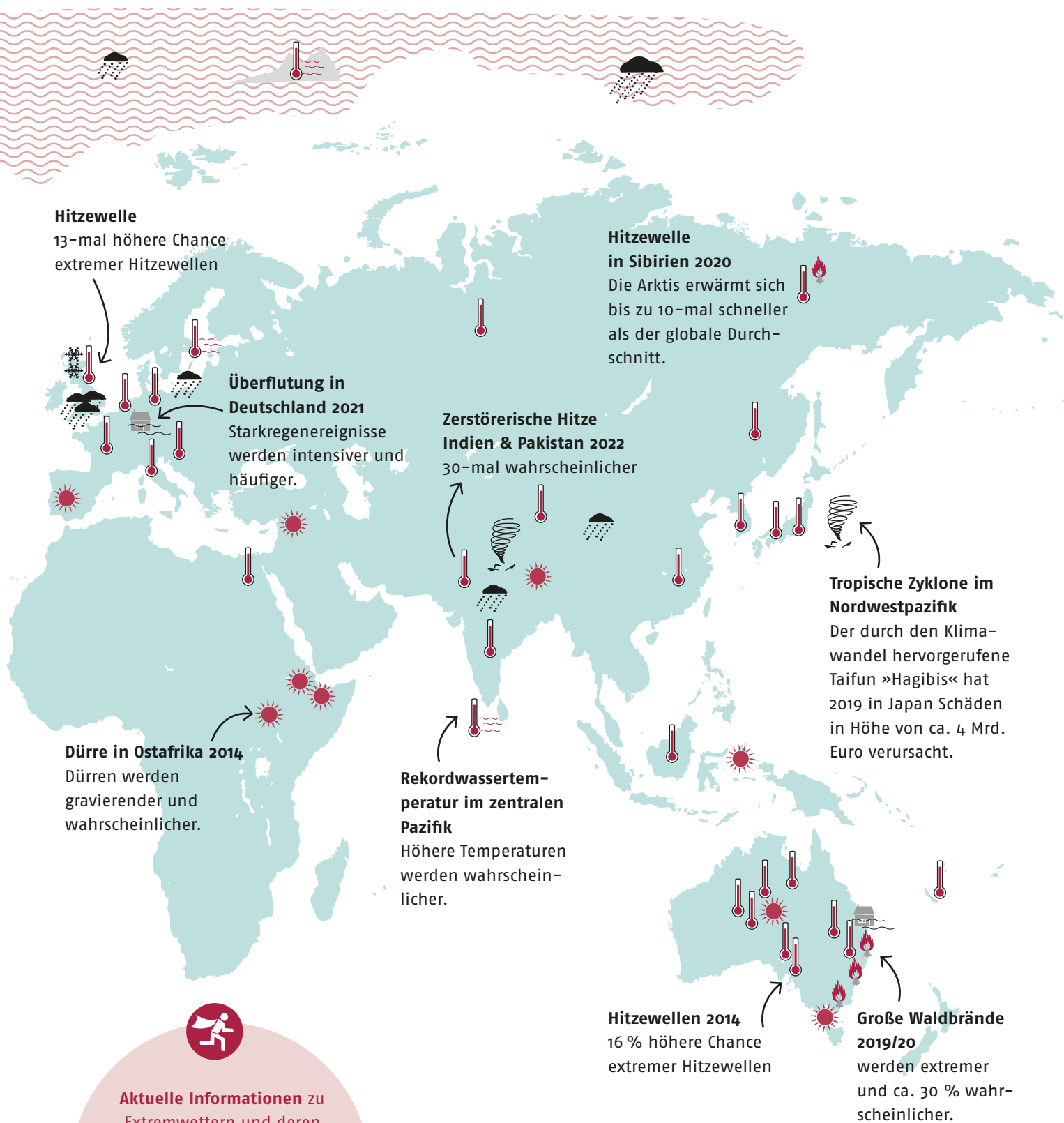
Waldbrand



Meereisschmelze

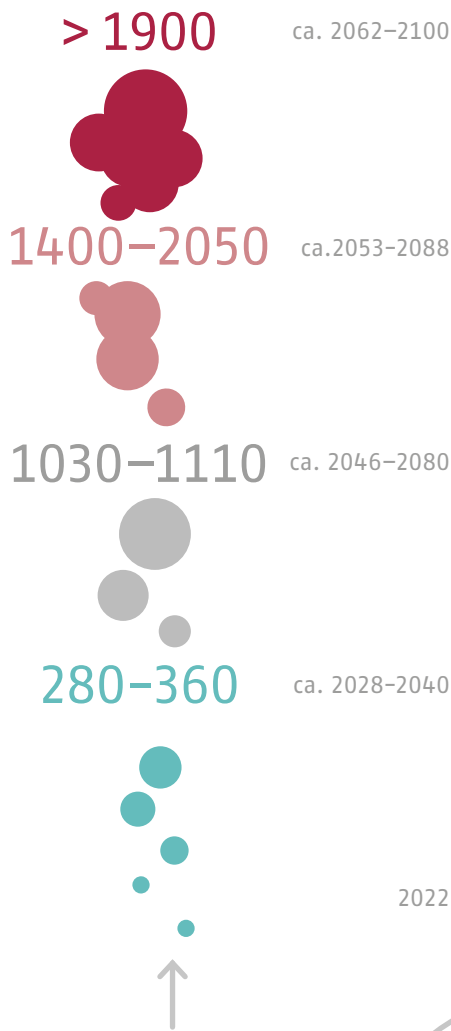


Hitze

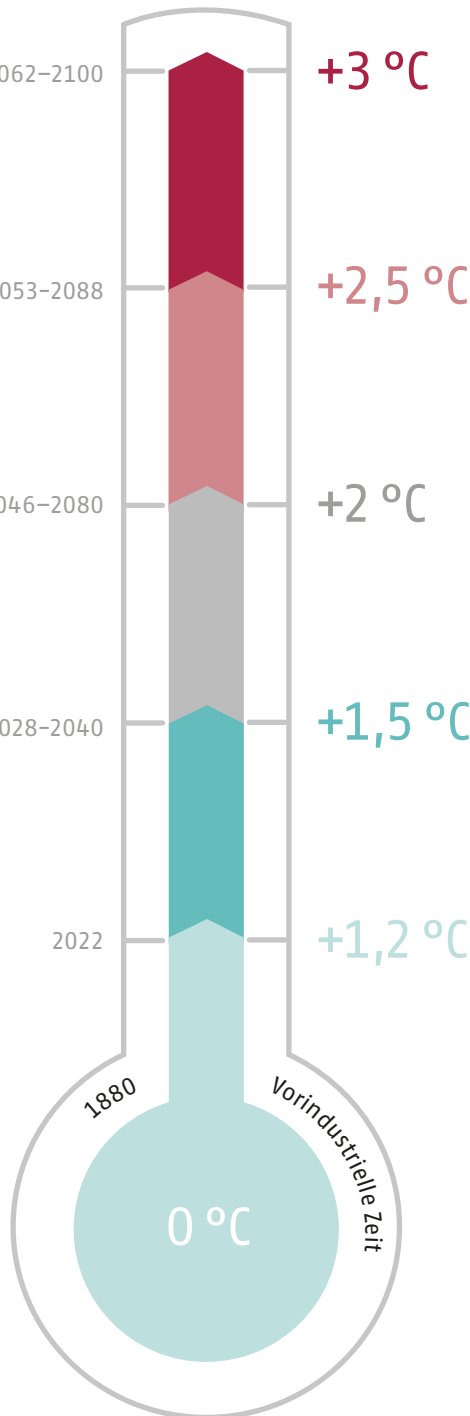
höhere
Wassertemperatur

Zukunftsklima

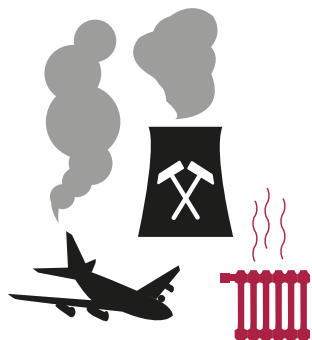
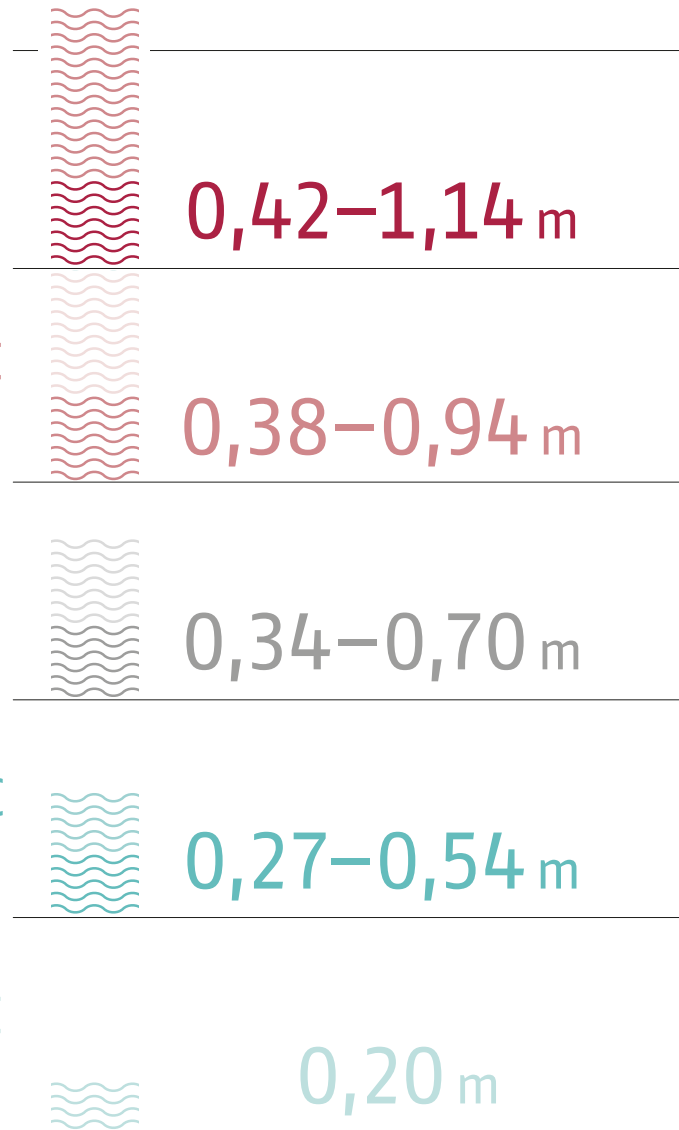
Treibhausgasemissionen,
globales Budget in GtC



Temperaturanstieg
seit 1880



Meeresspiegelanstieg
seit 1880



Korallensterben,
je nach Temperaturanstieg


R.I.P.  100 %


 >99 %


 70–90 %

 70 %  30 %

Von extremen Hitzewellen* betroffen,
Prozent der Weltbevölkerung

 74 % ca. 2062–2100

 67 % ca. 2053–2088

 61 % ca. 2046–2080

 48 % ca. 2028–2040

 30 % 2022

* mehr als 20 Tage im Jahr

**Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) = Weltklimarat der Vereinten Nationen, bestehend aus über 250 Wissenschaftler*innen

Leben wir weiter wie bisher, statt die Treibhausgasemissionen drastisch einzudämmen, dann steht uns bis zum Ende des Jahrhunderts eine Erwärmung um knapp 3 Grad bevor (der IPCC-Klimabericht** geht im Worst-Case-Szenario sogar von 4,4 Grad Erwärmung aus).

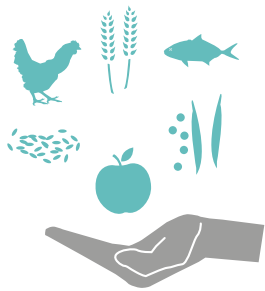
In einer 3 Grad wärmeren Welt wären die Folgen für Ökosysteme und damit auch für uns Menschen dramatisch. Küsten, Flussdeltas und Inseln weltweit würden von Überflutungen bedroht sein,

Millionen von Menschen würden fliehen. Marine Ökosysteme wie Korallenriffe würden abgestorben, wodurch ein Viertel aller Meereslebewesen ihre Nahrungsgrundlage verliert.

Auch die menschlichen Nahrungsmittel werden zur Neige gehen, wenn stärkere Hitzewellen, jahrelange Trockenheit und Übernutzung die Erde weiter belasten. Um den Planeten lebenswert zu erhalten, sollte daher +1,5 Grad das angestrebte Limit sein.



Klimaschutz

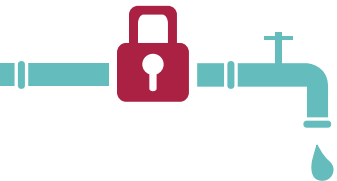


Nahrungsmittelsicherheit 1

Weltweit sind rund 800 Millionen Menschen chronisch unterernährt. Die Klimakrise verschärft diese Situation. In den ärmsten Regionen der Welt sind ca. 500 Millionen Kleinstfarmen für 80 % der Lebensmittelproduktion zuständig. Ihnen muss finanziell geholfen werden, um die Nahrungsmittelsicherheit zu verbessern.

Trinkwassersicherheit 2

Neben Nahrungsmitteln sollte gewährleistet sein, dass jeder Mensch auf der Welt genügend sauberes Trinkwasser zur Verfügung hat. Die Klimakrise verschärft den Trinkwassermangel in ca. 20 Staaten extrem.



Schutz vor Wetterextremen 3

Meeresspiegelanstieg und immer häufiger werdende Extremwetterereignisse wie Starkregen und Hurrikane zerstören das Zuhause und die Lebensgrundlage unzähliger Menschen, besonders in den ärmsten Ländern.



Waldaufforstung und -schutz 4

Ein sofortiger weltweiter Stopp von Waldrodungen würde einen schnellen und enormen Effekt auf die CO₂-Bilanz haben: Indem die Bäume CO₂ aufnehmen, fungieren sie als Klimaschützer.

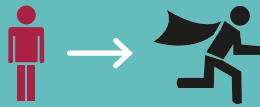


Staatenübergreifende Kooperationen intensivieren

z. B. nach COP26 und Kyoto-Protokoll Handlungsgruppen bilden

10

Persönlicher Wandel



... werde Klimaheld*in!
Mehr dazu ab Seite 198

9

Mobilitätswende

Ein Ausbau des Nahverkehrs durch Züge, Elektrobusse und Radwege. Mit dem Ziel, insgesamt das Verkehrsaufkommen zu reduzieren, auch im Warentransport: z. B. mehr Güterzügen statt LKWs.



8

Agrarwende

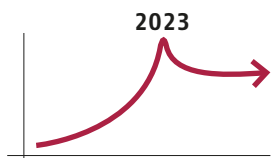
Weg von Pestiziden, Nahrungsmittelverschwendung, Biodiversitätsverlust und industrieller Monokultur, zurück zur biologischen Landwirtschaft, vielen kleinen Permakulturrhöfen und gesunden Böden, die als CO₂-Speicher dienen.



7

Wirtschaftswende

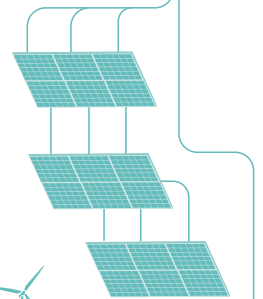
Das Ende des Wachstums einleiten: In Zukunft sollten Nachhaltigkeit, Recycling, grüne Produktion und Ressourcenschonung oberste Priorität haben. An die Stelle von Expansion und Ausbeutung rückt »grüne Effizienz«.



6

Energie- und Politikwende

Der Ausbau der Solarenergie und eine effiziente Speicherung müssen in den Fokus der Subventionen rücken, Kohle- und Gaskraftwerke sollten dagegen CO₂-Abgaben leisten, statt Subventionen zu erhalten.



5

Smarte Städte

Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung lebt in Städten, in denen 75 % der weltweiten Energieemissionen produziert werden. Nachhaltiger grüner Umbau der Infrastruktur, Energieproduktion und Hausisolierung sollten hier oberste Klimaziele sein.

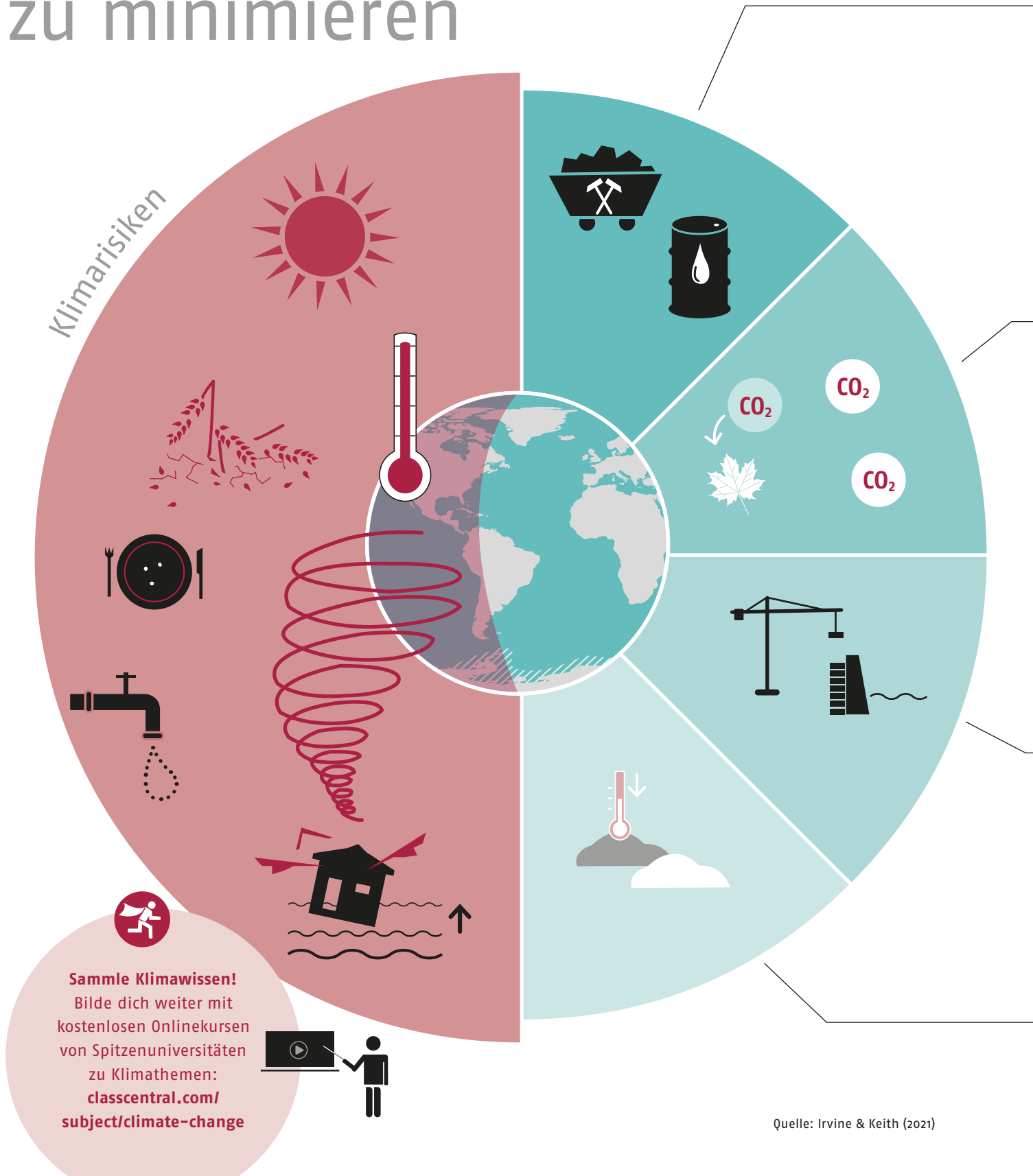


Aufklärungsarbeit vernetzen und ausweiten

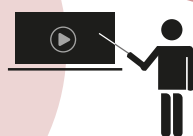
z. B. Onlineplattformen, Klimawochen, Bildung, Medien, TV, Bücher



4 Werkzeuge, um Klimarisiken zu minimieren



Sammele Klimawissen!
 Bilde dich weiter mit
 kostenlosen Onlinekursen
 von Spitzenuniversitäten
 zu Klimathemen:
[classcentral.com/
 subject/climate-change](https://classcentral.com/subject/climate-change)

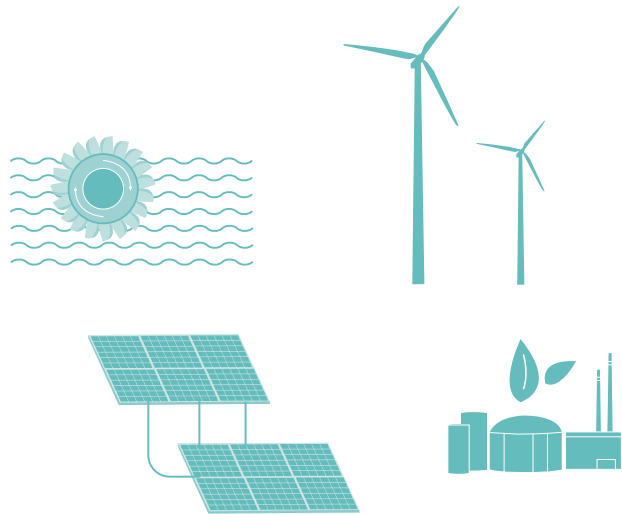


1

Dekarbonisierung

Industrielle Treibhausgasemissionen stoppen, damit der Treibhauseffekt nicht weiter angefeuert wird. Stattdessen: Wandel zu erneuerbaren und kohlenstofffreien Energien voranbringen

s. S. 44-51

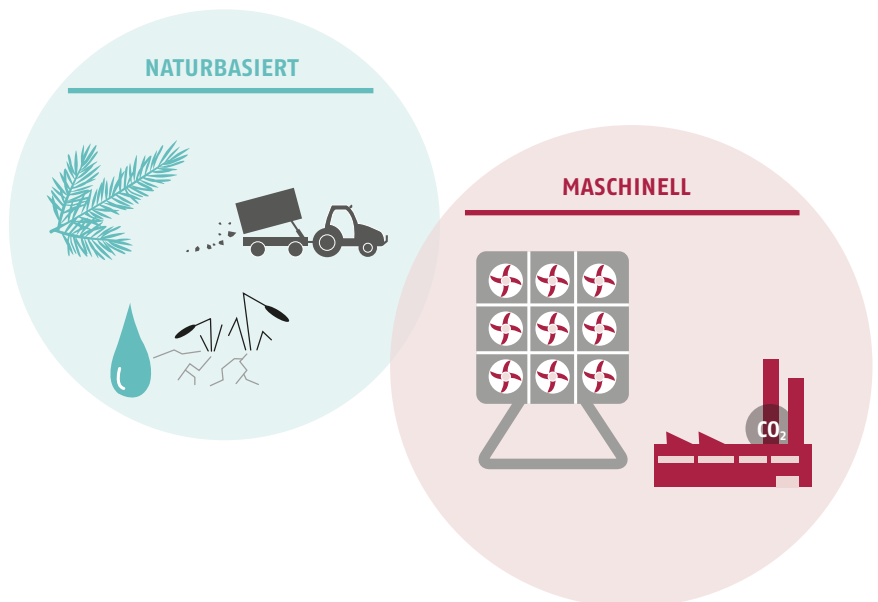


2

CO₂-Entnahme

Naturbasiert und maschinell: CO₂ aus der Atmosphäre entziehen, um die bereits freigesetzten Emissionen abzufangen. Zudem könnten zukünftige Emissionen, die schwer zu eliminieren sind, mit CO₂-Entnahme kompensiert werden.

s. S. 52/53

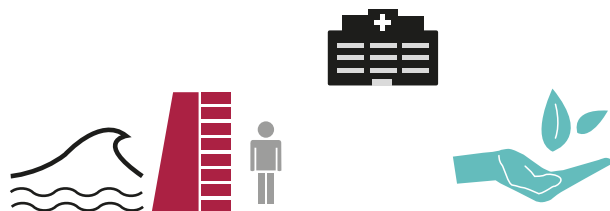


3

Klimaanpassung

Vorbereitung von Gesellschaften und Ökosystemen, um besser mit den Gefahren eines sich ändernden Klimas fertigzuwerden

s. S. 54/55



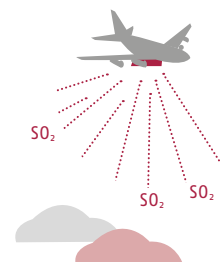
4

Klimafolgen mit Technik abfedern

Mit Techniken wie solarem Geoengineering könnte eine aktive Veränderung des Energie-

haushalts der Erde herbeigeführt und so das Klima zeitweise heruntergekühlt werden.

s. S. 56/57



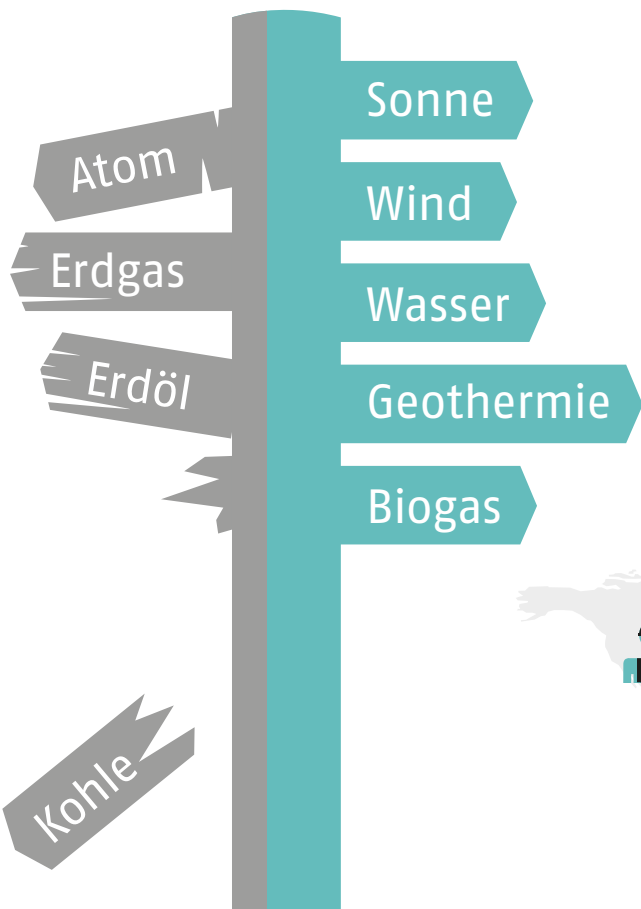
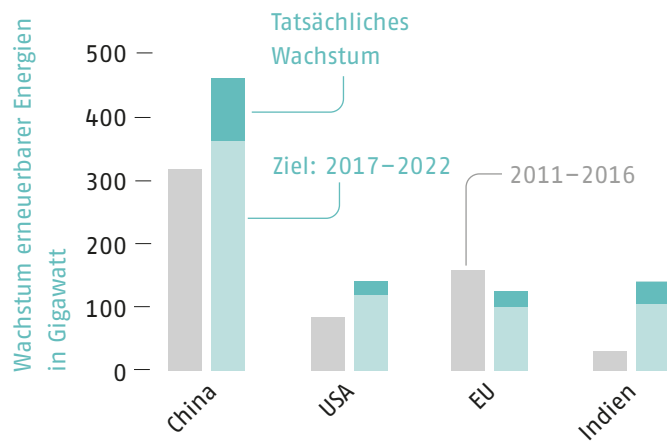
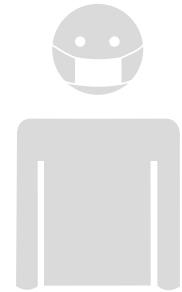
1 Dekarbonisierung: Energiewende

89 Mio.

Menschen in Afrika und Asien nutzen Solarstrom, Tendenz steigend (jährlich 4%). Alle Entwicklungsländer investieren heute schon mehr in Solarenergie als die Industrienationen.

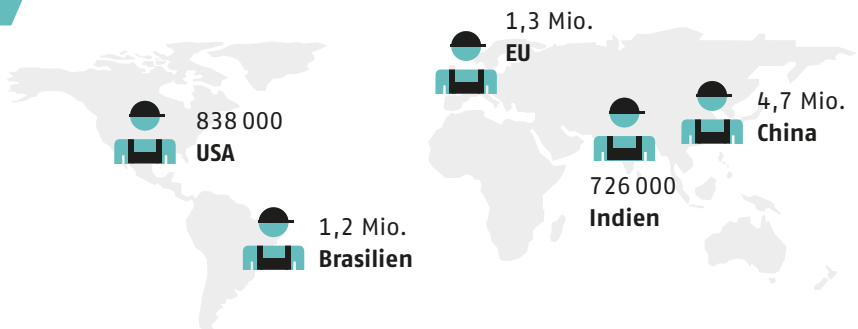
91 %

der Weltbevölkerung sind laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gesundheitsschädlicher Luft ausgesetzt. Mehr grüne Energie heißt auch weniger Kosten im Gesundheitsbereich.



12 Mio.

Menschen arbeiten weltweit im grünen Energiesektor (2020).



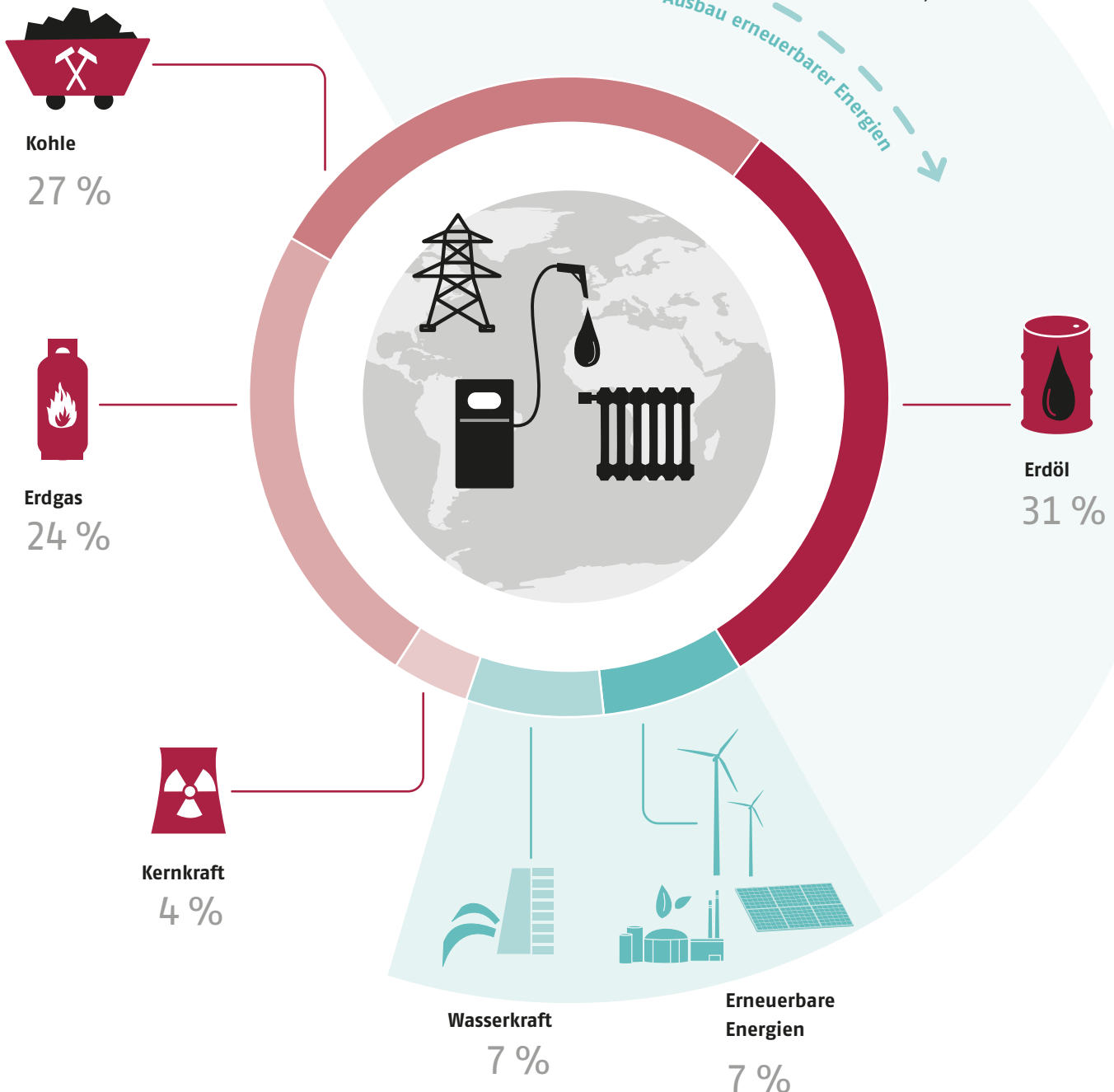
Weltweiter Energieverbrauch

Strom, Transport & Wärme, 2021

65 %

der von uns genutzten Energie müssen bis 2050 aus erneuerbaren Energiequellen stammen, um die Erwärmung auf 2 Grad zu begrenzen. Dafür muss der Ausbau 7-mal schneller als momentan ausgeführt werden. Zurzeit nutzen wir weltweit nur rund 14 % erneuerbare Energien (inklusive Wasserkraft).

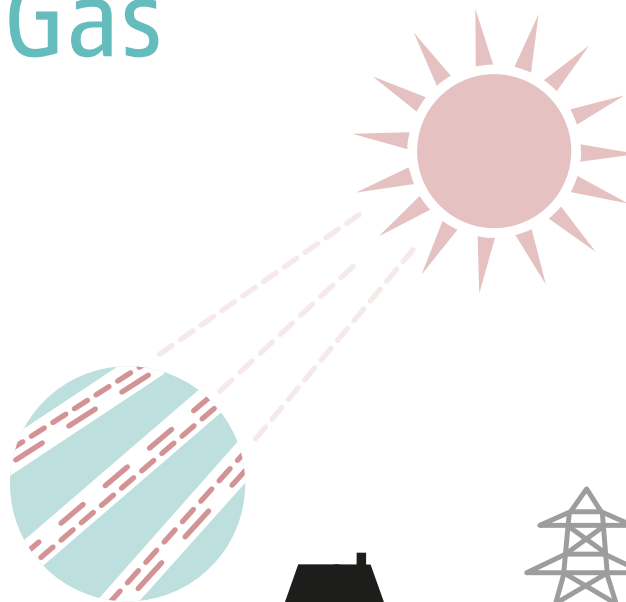
Ausbau erneuerbarer Energien



Statt Öl und Gas Sonne ...

Für die Entdeckung des photoelektrischen Effekts erhielt Albert Einstein 1921 den Nobelpreis. Er schuf damit den Grundstein für die Entwicklung von Solaranlagen.

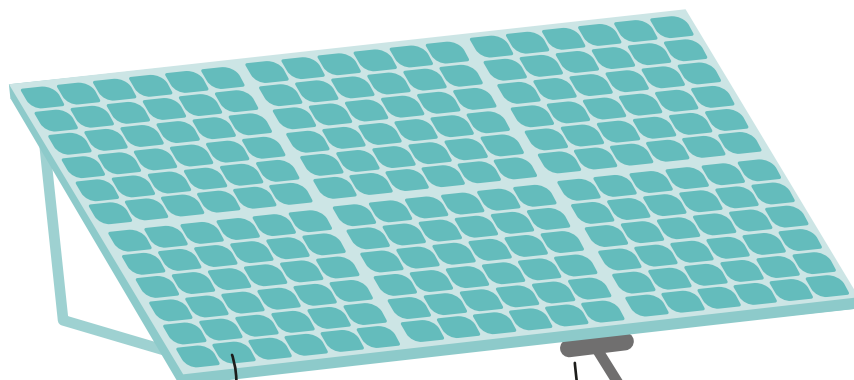
Solarzellen bestehen aus hauchdünnen Siliziumschichten. Der Rohstoff dafür ist überall vorhanden: Sand. In das Silizium wird Phosphor und Bor gemischt, des Weiteren besteht das Solarpaneel meist aus Kunststoff- und Glasplatten sowie einem Aluminiumrahmen. Es gibt auch flexible Paneele, die aus biegsamem Plastik hergestellt sind. Seltene Erden benötigt man für den Bau von Solarzellen übrigens nicht.



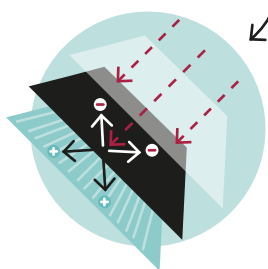
Sonnenstrahlen bestehen aus vielen winzigen Photonen.



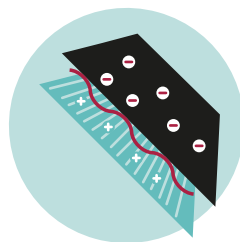
Der Wechselstrom wird dann z. B. zu einem Stromzähler weitergeleitet. Von hier geht es entweder direkt in private Steckdosen, oder der Strom wird ins Netz eingespeist.



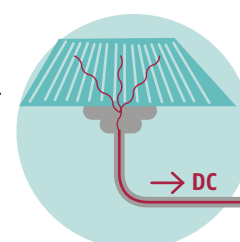
Der Stromwandler konvertiert den Gleichstrom (DC) in Wechselstrom (AC), den wir an unseren Steckdosen nutzen können.



Treffen Photonen auf die oberste negativ aufgeladene Siliziumschicht der Solarzelle, werden die Elektronen beweglich.



Die untere Schicht ist positiv aufgeladen. Am Übergang zwischen diesen beiden Schichten entsteht ein elektrisches Feld.



Der elektrische Strom fließt zum Leitungsband und durch Leitungen weiter zum Stromwandler.

... und Wind nutzen

Die Rotorblätter

sind bis zu 170 m lang: Ihre Länge bestimmt zusammen mit der Windgeschwindigkeit und der Luftdichte, wie viel Strom produziert werden kann. Je größer die Rotorfläche, je schneller der Wind und je dichter (schwerer) die Luft, desto mehr Energie kann gewonnen werden.

Über das Getriebe wird die Drehbewegung der Rotorblätter vervielfacht. So wird aus der kinetischen Bewegungsenergie mechanische Energie.

Der Generator wandelt die mechanische Energie in elektrische Energie um. Wie ein riesiger Fahrraddynamo.

Je nach Windrichtung dreht sich die Gondel so, dass die Rotorblätter direkt in den Wind zeigen.

Turm, \varnothing 200 m hoch

Die Stromleitungen laufen durch den Turm zum Boden, wo die Steuerungstechnik und der Transformator sitzen.

Ein Transformator am Fuße der Anlage bereitet den elektrischen Strom als Wechselstrom für das Netz auf.

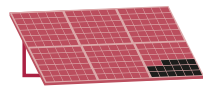


Die erste vollautomatische Windkraftanlage, die zur Stromerzeugung genutzt wurde, nahm der US-amerikanische Erfinder Charles Brush (1849–1929) im Jahr 1888 in Betrieb. Sie hatte 144 Rotorblätter, erbrachte aber nur 12 Kilowatt Leistung. Der Däne Poul la Cour (1846–1908) fand heraus, dass weniger Rotorblätter, die sich schneller bewegen, mehr Strom erzeugen. 1904 gab er Kurse für Windkraftingenieure, und 1918 wurden bereits 3 % des dänischen Strombedarfs von Windkraftanlagen gedeckt (heute sind es 52 %). Sein Schüler Johannes Juul ist der Erfinder der ersten Anlage, die Wechselstrom erzeugte – sie gilt als der Vorreiter unserer modernen Windkraftanlagen, die heute durchschnittlich 3 bis zu maximal 6 Megawatt Leistung erzeugen.

Strom aus Sonne und Wind



Nach 1-2
Jahren haben Solaranlagen mehr CO₂ eingespart, als für ihre Herstellung emittiert wurde.



Ø 93 %
der Leistung haben Solaranlagen nach 10 Jahren noch. Die Leistung nimmt also kaum ab mit der Zeit.

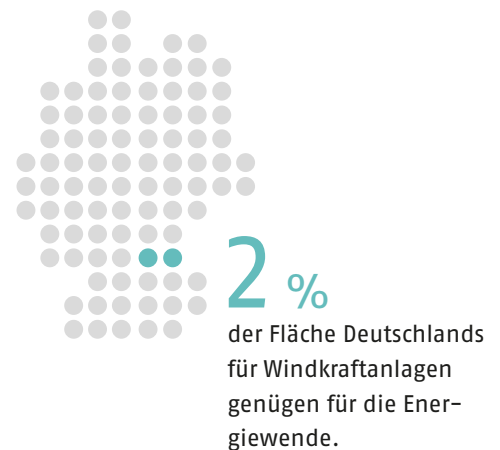
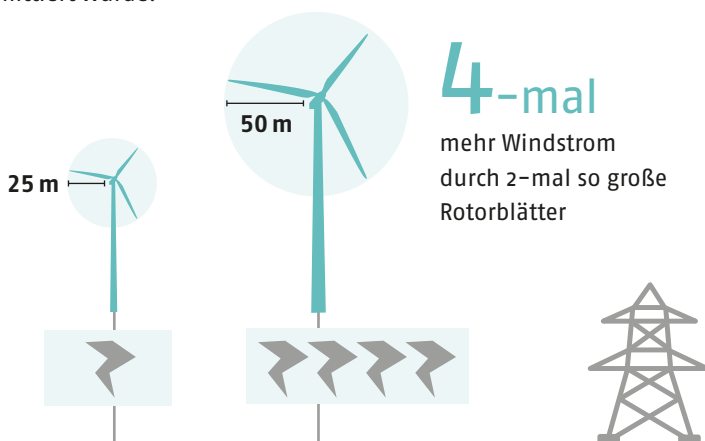


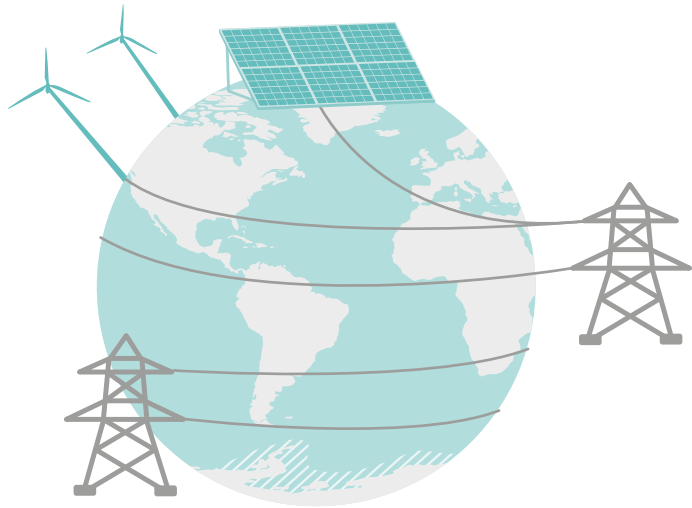
10-25 %
Leistung haben Solaranlagen bei Bewölkung oder Nebel



Nach 5-12
Monaten haben Windanlagen mehr CO₂ eingespart, als für ihre Herstellung emittiert wurde.

Windanlagen funktionieren mindestens 20 Jahre, je nach Wartung und Umwelteinflüssen auch 25 Jahre.





Im weltweiten Vergleich:
Solar- und Windstromanteil an
der Gesamtstromerzeugung

52 % Dänemark

47 % Uruguay

33 % Irland, Spanien

32 % Portugal

29 % Deutschland

22 % Australien

21 % Chile

18 % Kenia

13 % Brasilien, USA

11 % China

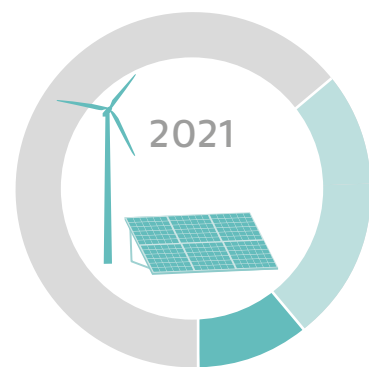
10 % Japan, Argentinien

9 % Frankreich

8 % Indien

7 % Kanada

0,5 % Russland, Saudi-Arabien



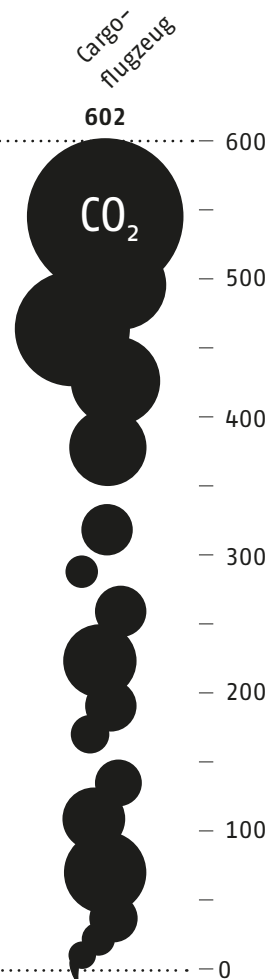
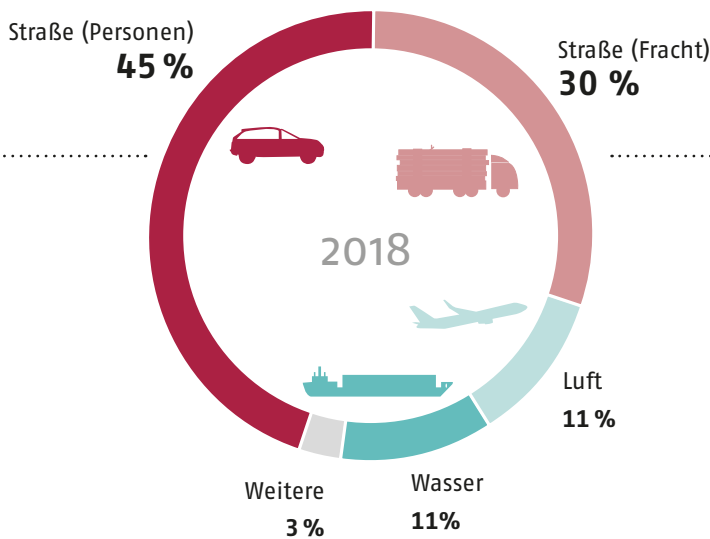
Ø 10 % Solar-
und Windstromanteil
und insg. sind 38 %
grüne Energien im
globalen Strommix.

Grüner Strom statt Diesel und Benzin

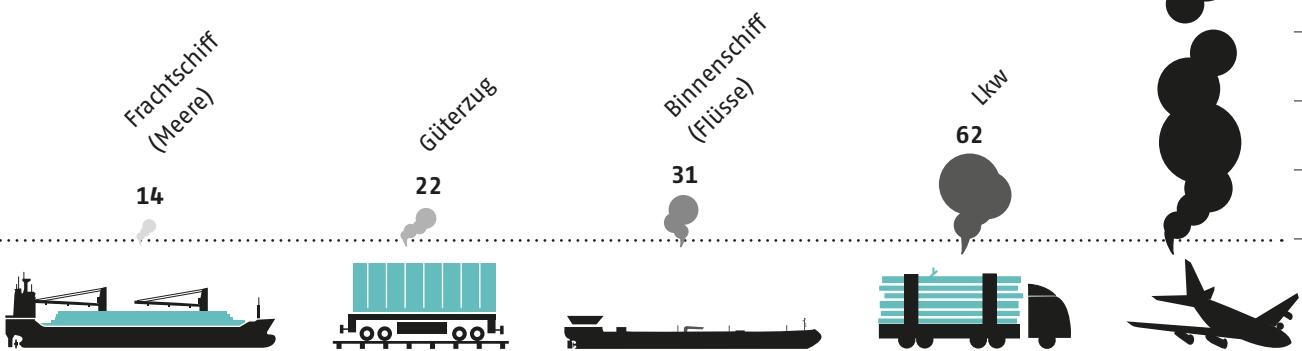


Hummer aus den USA? Argentinisches Rindfleisch? Werden CO₂-intensiv per Cargoflugzeug transportiert. Strengere Einfuhrgesetze könnten diese Emissionen verhindern.

1 Transportemissionen weltweit, insgesamt 8,1 Gt CO₂ (2018)



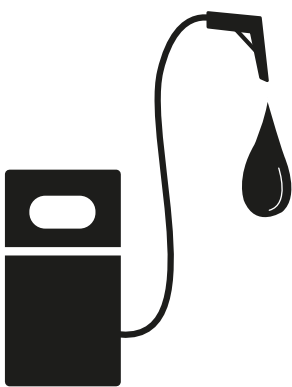
2 Frachtemissionen im Detail in gr CO₂ pro transportierter Tonne und km



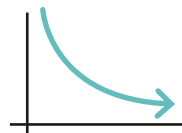
+80 %
höhere Emissionen im Transportsektor seit 1990

50 %
der weltweiten Frachtemissionen werden durch Lkw verursacht.





Bis 2050 muss die Erdölabhängigkeit im Transportwesen drastisch reduziert werden, um das 2-Grad-Ziel zu erreichen.



Große Städte müssen radfreundlicher werden. Vorreiter im Ausbau von Radwegen und Infrastruktur sind die Niederlande und Dänemark.



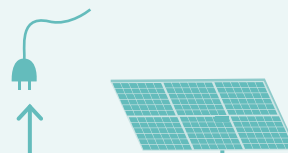
*inkl. der Energieemissionen

Der Transportsektor ist der schnellstwachsende Verursacher von CO₂-Emissionen weltweit. Dadurch hat er auch das beste Einsparpotenzial und ist eine der obersten Prioritäten für den Klimaschutz: 24 %* der globalen Treibhausgase werden beim Transport emittiert. Dieser Wert steigt momentan um 2,5 % pro Jahr. Den rasantesten Anstieg seit 1990 hat dabei China zu verbuchen.

Im Frachtsektor wird bis 2050 mit bis zu 4-mal höherem Warentransport und Emissionen gerechnet im Verhältnis zum Jahr 2010. Gravierend für das Klima ist der Straßenverkehr: Personen und Frachttransporte. Durch Alternativeangebote im öffentlichen (E-)Nahverkehr und mehr E-Frachtverkehr z. B. per Zug oder E-Lkw können Emissionen reduziert werden. Auch das Konsumverhalten jedes Einzelnen beeinflusst den Frachtverkehr: Wer regionale Produkte statt aus Übersee kauft, spart Emissionen.



Der Nahverkehr muss ausgebaut werden und sollte kostenlos angeboten werden, um die Anzahl der Autos in den Städten zu reduzieren.



Elektro-Lkw sind bereits auf der Straße und eignen sich hervorragend für städtischen und regionalen Transport. Nur Langstrecken bleiben eine Herausforderung.



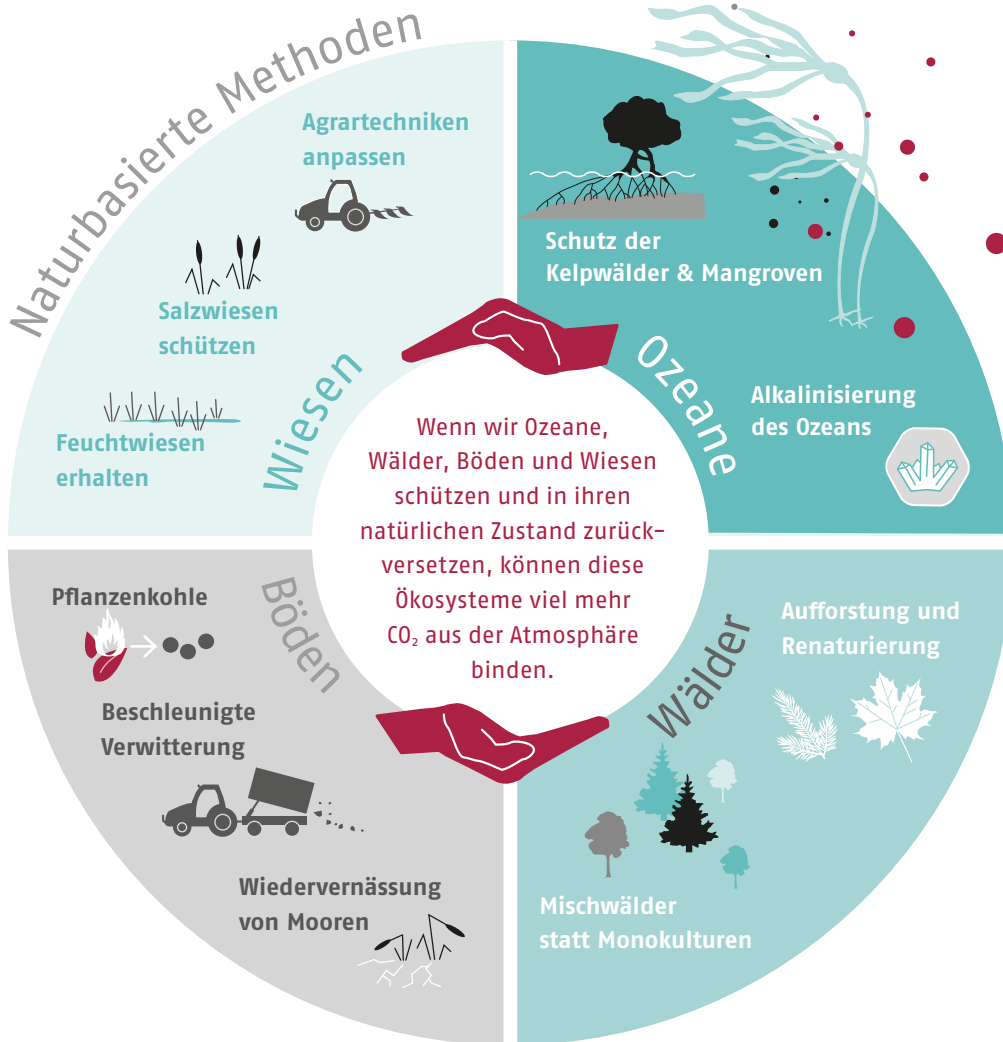
Die meisten Elektroautos fahren zurzeit in China, gefolgt von Europa und den USA. Allerdings sind die Akkus in der Herstellung sehr energie- und ressourcenintensiv.

>10 Mio.

E-Fahrzeuge fahren weltweit bislang auf den Straßen (2020), Tendenz steigend.



2 CO₂ binden: natürlich und künstlich



Pflanzkohle

Durch die Herstellung von Pflanzkohle aus Biomasse bleibt bis zu ein Drittel des von der Pflanze gebundenen CO₂ in der Kohle. Als Bodendüngung eingesetzt, kann der Kohlenstoff für lange Zeit gespeichert werden.

Die Kohle wirkt im Boden zudem wie ein Schwamm: wasser- und nährstoffspeichernd.

Beschleunigte Verwitterung & Wiedervernässung von Mooren

Um die CO₂-Bindung eines Bodens zu erhöhen, hilft das Düngen mit Gestein wie Basalt: beim Kontakt mit Wasser nehmen diese Steine CO₂ aus der Luft auf.

Einst trockengelegte Moore können nach der Vernässung wieder mehr CO₂ aufnehmen, als sie emittieren.

Aufforstung und Renaturierung

Wälder speichern rund ein Viertel unserer jährlichen CO₂-Emissionen. Natürliche Mischwälder speichern dabei viel mehr Kohlenstoff als z. B. Baumplantagen.

Besonders effektiv sind die Aufforstung und Renaturierung von degradierten und fragmentierten Wäldern in den Tropen.

»Ocean-based Negative Emission Technologies«

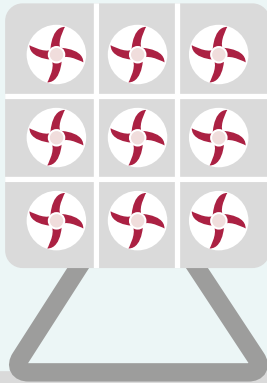
Ozeane speichern rund ein Viertel unserer Emissionen. Durch eine »Alkalinitätserhöhung« des Ozeans würde der Gasaustausch von CO₂ aus der Luft in den Ozean erhöht. Dafür müssten spezielle Mineralien zum Meerwasser hinzugefügt werden.

Künstliche CO₂-Entnahme aus der Luft

1

Das in der Luft stark verdünnte CO₂ wird chemisch absorbiert, ...

CO₂-Auffang



2

... als konzentriertes CO₂ komprimiert und verflüssigt ...

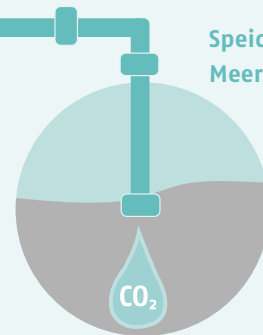
Kompression



3

... und unterirdisch gespeichert, luftdicht abgeschlossen.

Speicherung im Meeresboden



flüssig CO₂

Speicherung im Boden



Carbfix-Projekt (seit 2014)

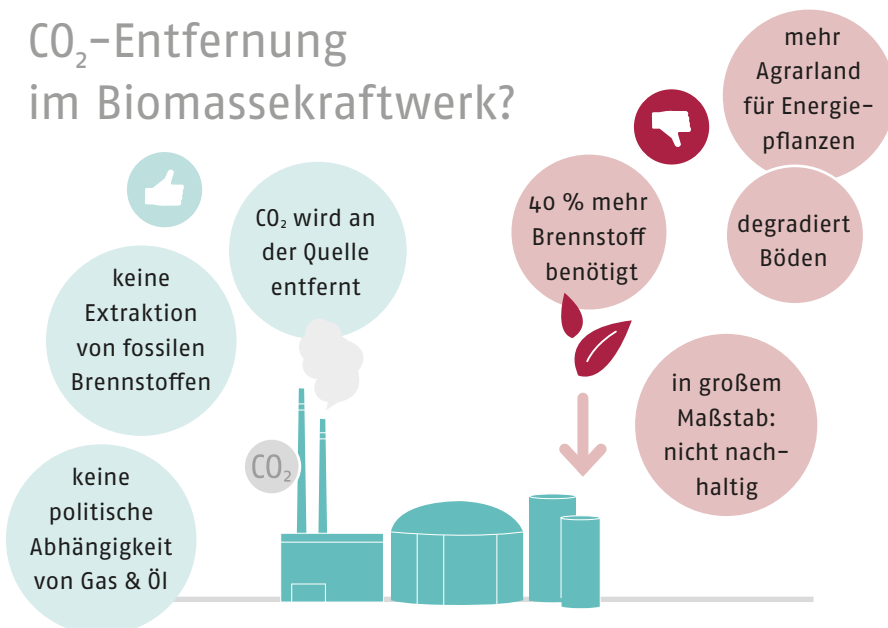
Aus über 83 000 t gelöstem CO₂ wurden stabile Karbonatminerale gebildet, die unter der Erde gespeichert werden.

Um die Folgen des Klimawandels auf maximal 2 Grad zu begrenzen, müssen wir die Nutzung fossiler Brennstoffe so schnell wie möglich stoppen. Zusätzlich wird es nötig sein, der Atmosphäre bereits emittiertes CO₂ zu entziehen. Je länger die Energiewende hinausgezögert wird, desto höher muss der aus der Luft entnommene CO₂-Anteil sein.

Die zurzeit im Bau befindlichen Anlagen, um CO₂ aufzufangen, werden nach Fertigstellung ca. 3 Millionen Tonnen (Mt) CO₂ pro Jahr aus der Luft ziehen. Zusätzlich sind weltweit Anlagen mit 108 Mt geplant*, nötig wären 5600 Mt jährliche Kapazität bis 2050.

Es gibt verschiedene Pilot- und Forschungsprojekte, um herauszufinden, wie CO₂ direkt an Biomassekraftwerken oder anderen Quellen aufgefangen werden kann, solche Anlagen haben bisher jedoch eine problematische Umweltbilanz.

CO₂-Entfernung im Biomassekraftwerk?



*Stand: Sept. 2021

3 Anpassung an den Klimawandel

Zahlreiche wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass die Erwärmung auf 1,5 Grad begrenzt werden muss, um die Risiken für Mensch und Natur zu minimieren.

Leider laufen alle derzeitigen Klimaschutzmaßnahmen (2022) eher auf 2 bis 3 Grad Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts hinaus. Auch 4 Grad sind nicht abwegig, wenn Emissionen weiter wie bisher wachsen, mit gravierenden Folgen für die Menschheit.

Rasches Handeln ist daher unvermeidlich. Um das 1,5-Grad-Ziel einzuhalten, müssen CO₂-Emissionen weltweit bis 2030 um die Hälfte reduziert werden.

Gleichzeitig müssen alle Staaten stärker in Anpassungsstrategien investieren, um existenzielle Risiken für die Menschen zu minimieren oder abzuschwächen.

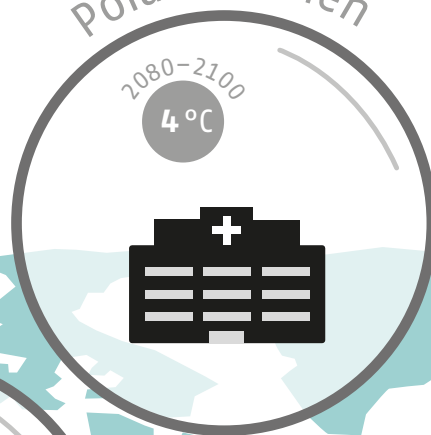
Unter anderem: Dämme bauen und verstärken, Dünen und Küstenlandschaften schützen, Trinkwasservorräte schützen und -entnahmen stärker regulieren, Böden vor Degradierung schützen und z. B. dürreresistente Arten nutzen, um die Nahrungsmittelsicherheit zu gewährleisten.

Ohne stärker regulierten Naturschutz können wir die essenziell wichtigen Lebensgrundlagen in Zukunft nicht für alle sicherstellen: Korallenriffe, Dünenlandschaften, Mangroven, Gletscher und Wälder leisten, wenn sie intakt sind, einen immens wichtigen Beitrag zur Nahrungsmittel- und Trinkwassersicherheit sowie zur Klimaanpassung.

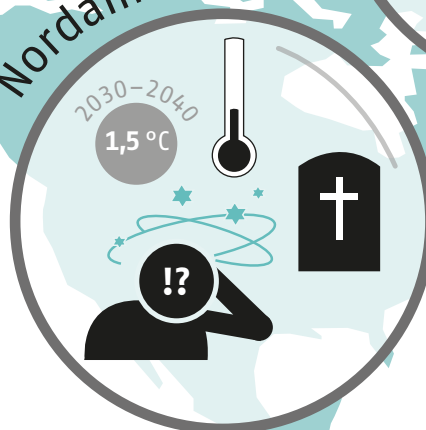
Gesundheitsprobleme

Ohne Anpassung:
maximal hohes Risiko
Mit hoher Anpassung:
hohes Risiko

Polarregionen



Nordamerika



Zunahme von Todesfällen durch Hitzewellen

Ohne Anpassung:
hohes Risiko

Mit hoher Anpassung:
niedriges Risiko

Südamerika



Ernteertrag und Nahrungsmittelsicherheit nehmen ab.

Ohne Anpassung:
maximal hohes Risiko

Mit hoher Anpassung:
niedriges Risiko



Hilf Küstenbewohnern!

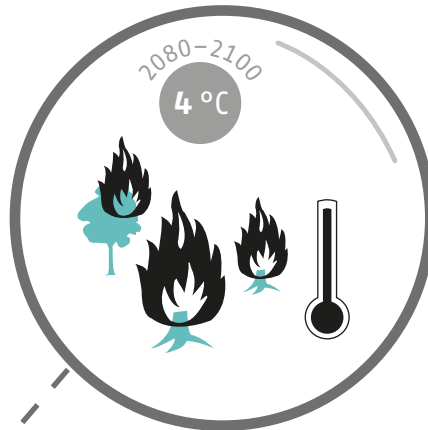
Finde auf der interaktiven Weltkarte zum zukünftigen Meeresspiegelanstieg heraus, wo dringend Hilfe gebraucht wird:

https://sealevel.nasa.gov/data_tools/17

Mögliche Temperaturerhöhungen von 1,5 bis 4 Grad und verschiedene Zeiträume



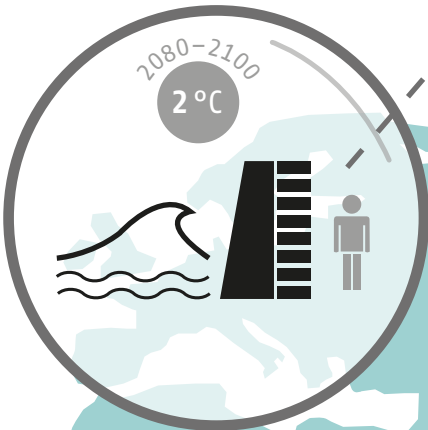
Europa



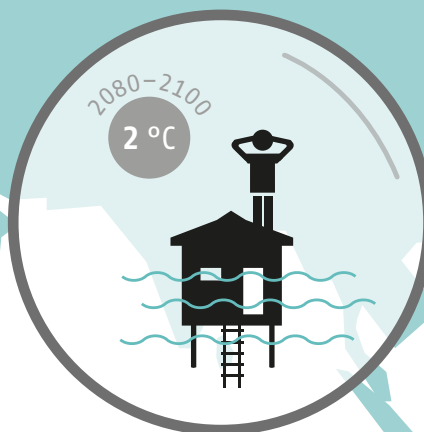
Wachsender Schaden durch Flusshochwasser und Küstenüberflutungen
Ohne Anpassung: mittleres bis hohes Risiko
Mit hoher Anpassung: niedriges Risiko

Wachsender Schaden durch extreme Hitze und Waldbrände
Ohne Anpassung: maximal hohes Risiko
Mit hoher Anpassung: mittleres bis hohes Risiko

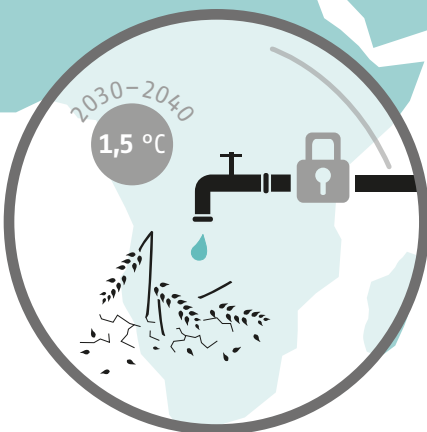
Europa



Asien



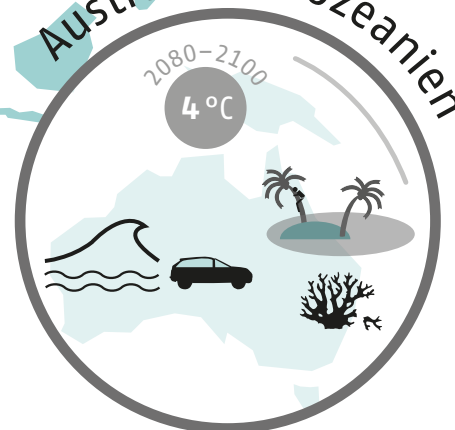
Afrika



Ernteertrag, Trinkwasser- und Nahrungsmittelsicherheit nehmen ab.
Ohne Anpassung: hohes Risiko
Mit hoher Anpassung: niedriges Risiko

Wachsender Schaden an der Infrastruktur und an Behausungen durch Überflutungen
Ohne Anpassung: hohes Risiko
Mit hoher Anpassung: mittleres Risiko

Australien + Ozeanien



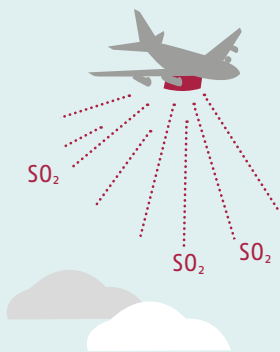
Schäden an Küsteninfrastruktur, Ökosystemen und Inseln
Ohne Anpassung: hohes Risiko (maximal für Inseln)
Mit hoher Anpassung: mittleres Risiko (hoch für Inseln)

4

Klimafolgen abfedern ...

Sonneneinstrahlung künstlich reduzieren: 4 Ideen

Stratosphärische Aerosolinjektion



Bei großen Vulkanausbrüchen werden immense Mengen Aerosole* in die Atmosphäre geschleudert und reflektieren dort das Sonnenlicht, was zu einer zeitweisen Abkühlung des Klimas führt. Dies könnte man imitieren, indem Schwefeldioxid (SO₂) von Flugzeugen in die Stratosphäre gesprüht wird.

Diese Technik funktioniert allerdings nur bei Sonnenschein, und der Effekt ist am stärksten in den Tropen, was starke Auswirkungen auf den dortigen Wasserkreislauf hätte. Besonders heikel: Wenn die Aerosolinjektion beendet wird, würde es zu einer rasanten Erderwärmung innerhalb weniger Jahre führen.

Aufhellung der Wolken



Die Wolkendecke könnte mit gesprühtem Meerwasser so aufgehellt und vergrößert werden, dass mehr Sonnenlicht zurück in den Weltraum reflektiert wird (Albedo-Effekt). So könnte die Temperatur der Atmosphäre und der Ozeane reduziert werden.

Allerdings gibt es dazu bislang keine gelungenen Experimente im großen Maßstab, und negative Nebeneffekte wie veränderte Regenmuster müssen weiter untersucht werden. Diese Methode müsste kontinuierlich angewendet werden, die Chancen für eine globale Umsetzung stehen daher schlecht.

Ausdünnung der Zirruswolken



Zirruswolken sind hohe, sehr kalte Wolken aus Eiskristallen. Diese Wolken wirken wie Treibhausgase: Wärmestrahlung, die von der Erde zurück Richtung All gestrahlt wird, wird von den Zirruswolken blockiert.

Mithilfe von Dronen könnte man feine Staubpartikel auf diese Wolken sprühen, um sie auszudünnen oder ganz aufzulösen, sodass wieder mehr Wärmestrahlung zurück ins All gestrahlt wird.

Allerdings kann auch das Gegenteil passieren: Bei zu vielen Partikeln würden die Wolken »dicker« werden!

*Schwebeteilchen, die kleinsten Partikel sind wenige Nanometer groß

... mit solarem Geoengineering?

Reflektoren im All



Eine weitere Idee ist die Nutzung von Reflektoren im All, die einen kleinen Teil der Sonnenstrahlung daran hindern sollen, auf die Erde zu treffen, indem sie sie reflektieren.

Die Umsetzung dieser Idee wäre sehr teuer, denn die großen Reflektoren müssten dafür mit Raketen ins All geschossen werden. Es würde mindestens 25 Jahre dauern, um eine solche Technik zu entwickeln. Daher wird sie vermutlich Theorie bleiben.

Pro

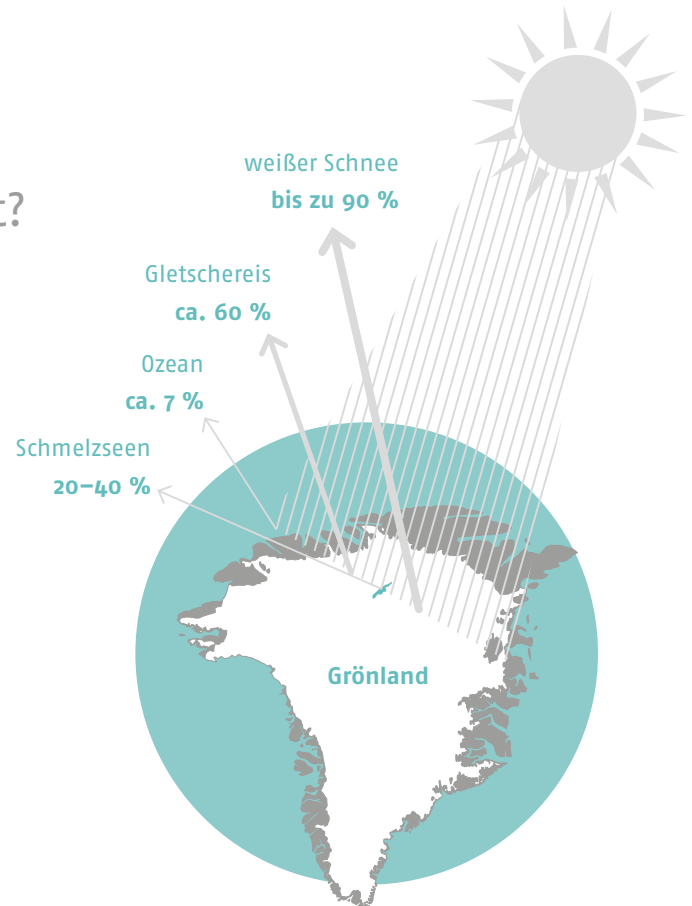
Einige Wissenschaftler*innen und Politiker*innen plädieren dafür, dass Geoengineering parallel zur Emissionsreduktion eingesetzt wird, um negative Folgen des Klimawandels temporär abzuschwächen: den Temperaturanstieg kurzfristig zu reduzieren, Korallenriffe punktuell zu schützen und z. B. das arktische Meereis vor der Schmelze zu bewahren. Der erwünschte Kühleffekt könnte relativ schnell erreicht sein im Vergleich zur Emissionsreduktion, die auf Verhaltensänderungen basiert.

Contra

Geoengineering-Gegner warnen jedoch vor den noch nicht erforschten potenziellen negativen Folgen für die Umwelt, Schwierigkeiten bei der weltweiten Nutzungsregulierung sowie neuen Klimafolgen, die regional entstehen können und in Risikoberechnungen mit globalen Klimamodellen nicht sichtbar werden. Die Effizienz und Finanzierbarkeit über einen längeren Zeitraum sind nicht gewährleistet, und die soziale Ungerechtigkeit in der Klimakrise würde z. B. im globalen Süden noch verstärkt werden.

Was ist der Albedo-Effekt?

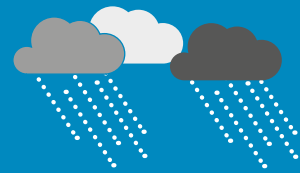
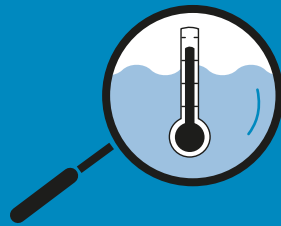
Die Oberfläche der Erde lässt sich nach ihrem Reflexionsvermögen (Albedo) charakterisieren: Bis zu 90 % der Sonneneinstrahlung werden von weißen Oberflächen wie frischem Schnee zurückgestrahlt, während die niedrigste Rückstrahlung mit ca. 7 % auf dem offenen Meer vorkommt. Ideen für solares Geoengineering beruhen auf dem Albedo-Effekt.



DIE HYDROSPHÄRE

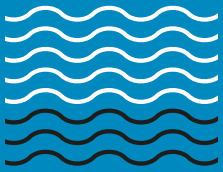
Wasser, Eis & Schnee





Hy | dro | sphä | re
[altgriechisch hýdor = Wasser
& sphaîra = (Erd-)Kugel]

Alles Wasser auf der Erde bildet zusammen die Hydrosphäre, egal in welchem Zustand: ob flüssig in Gewässern, Flüssen und Meeren, gasförmig in der Luft und in den Wolken oder gefroren beispielsweise in Meereis, Gletschern oder Schnee.



Salzwasser

Die Meere der Erde

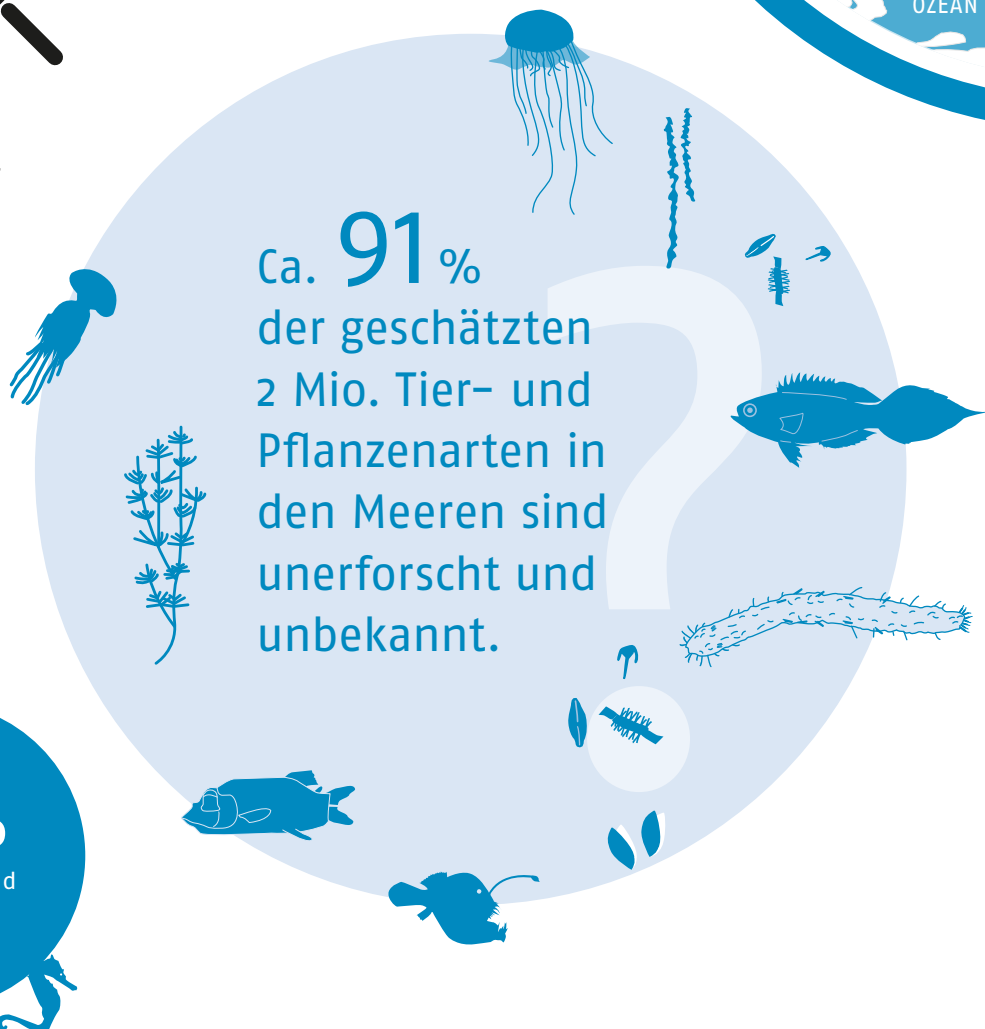


3,5 %

des Gewichts des Meerwassers stammen von gelöstem Salz. Am Äquator und an den Polen ist der Salzgehalt geringer als in den mittleren Breiten.

5 Ozeane

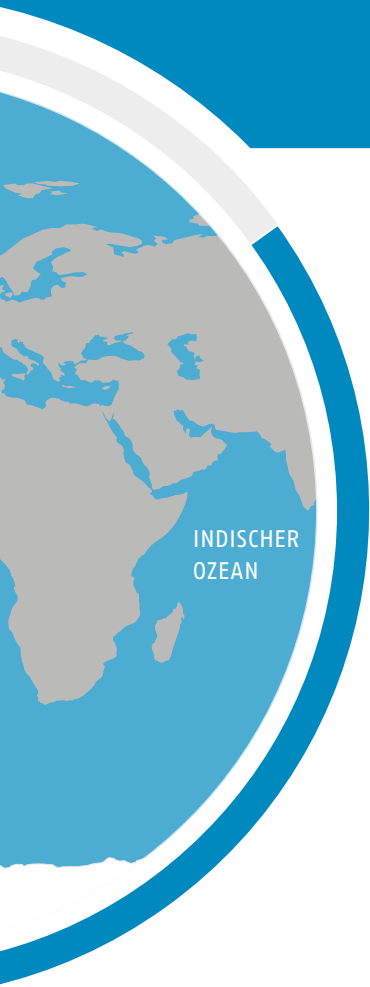
formen das Weltmeer: Atlantik, Pazifik, Indischer, Arktischer und Antarktischer Ozean. Zudem gibt es größere und kleinere Meere, die von Landmassen umschlossen oder eingegrenzt sind, wie das Europäische Mittelmeer oder das Schwarze Meer.



Ca. 91 %
der geschätzten
2 Mio. Tier- und
Pflanzenarten in
den Meeren sind
unerforscht und
unbekannt.

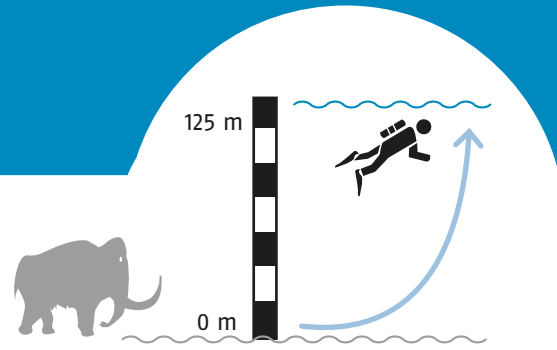


Nur 9%
aller Arten sind
bestimmt.



INDISCHER
OZEAN

Ca.
70 %
der Erdober-
fläche sind
von Ozeanen
bedeckt.

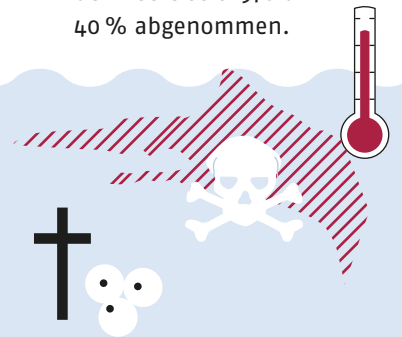
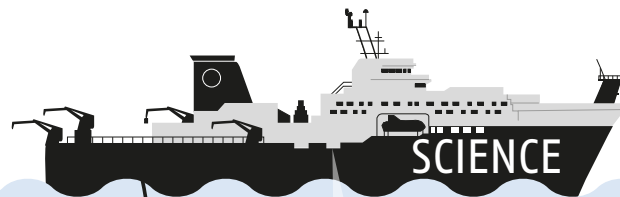


125 m

niedriger als heute
war der Meeresspiegel
in der letzten Eiszeit.

4 x mehr

sauerstoffarme Todes-
zonen: Durch die
globale Erwärmung hat
der Sauerstoffgehalt
der Meere seit 1970 um
40 % abgenommen.



11 000 m
ist der tiefste Punkt
im Ozean, der
Marianengraben
im Pazifik.

Nur **20 %**
des Meeresbodens sind
erforscht und detailliert
mit Echoloten kartiert.



**Beschäftige dich mit
Meeresbiologie!**

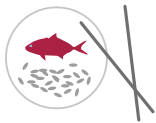
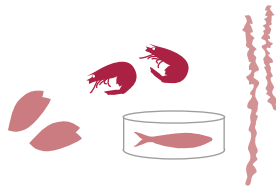
Über 150 kostenlose
Onlinekurse von Universitäten zu
Ozeantheemen geben einen
guten Einstieg:
classcentral.com/search?q=ocean

Der Mensch...

Wir profitieren von den Meeren und machen sie uns zunutze als:

Nahrungsmittellieferant

Fisch, Algen und Muscheln stellen die Lebensgrundlage für viele Menschen dar.

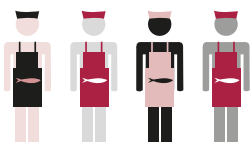


Armutsbekämpfer

In Entwicklungsländern ist Fisch oft die einzige erschwingliche Proteinquelle.

Energie- und Rohstofflieferant

Von Erdöl bis zur Nutzung von Offshorewindenergie



Arbeitgeber

Bis zu 12 % aller Erwerbstätigen weltweit hängen von der Fischindustrie ab.

Transportweg

Milliarden von Waren werden jährlich über die Ozeane verschifft.



Medikamentenlieferant

Aus dem Meer gewonnene Stoffe stellen die Grundlage für viele Medikamente dar.



Erholungs-oase

Die Strände und Küstenregionen sind beliebte Freizeit- und Urlaubsziele.

Wie der Mensch die Meere stetig bedroht:

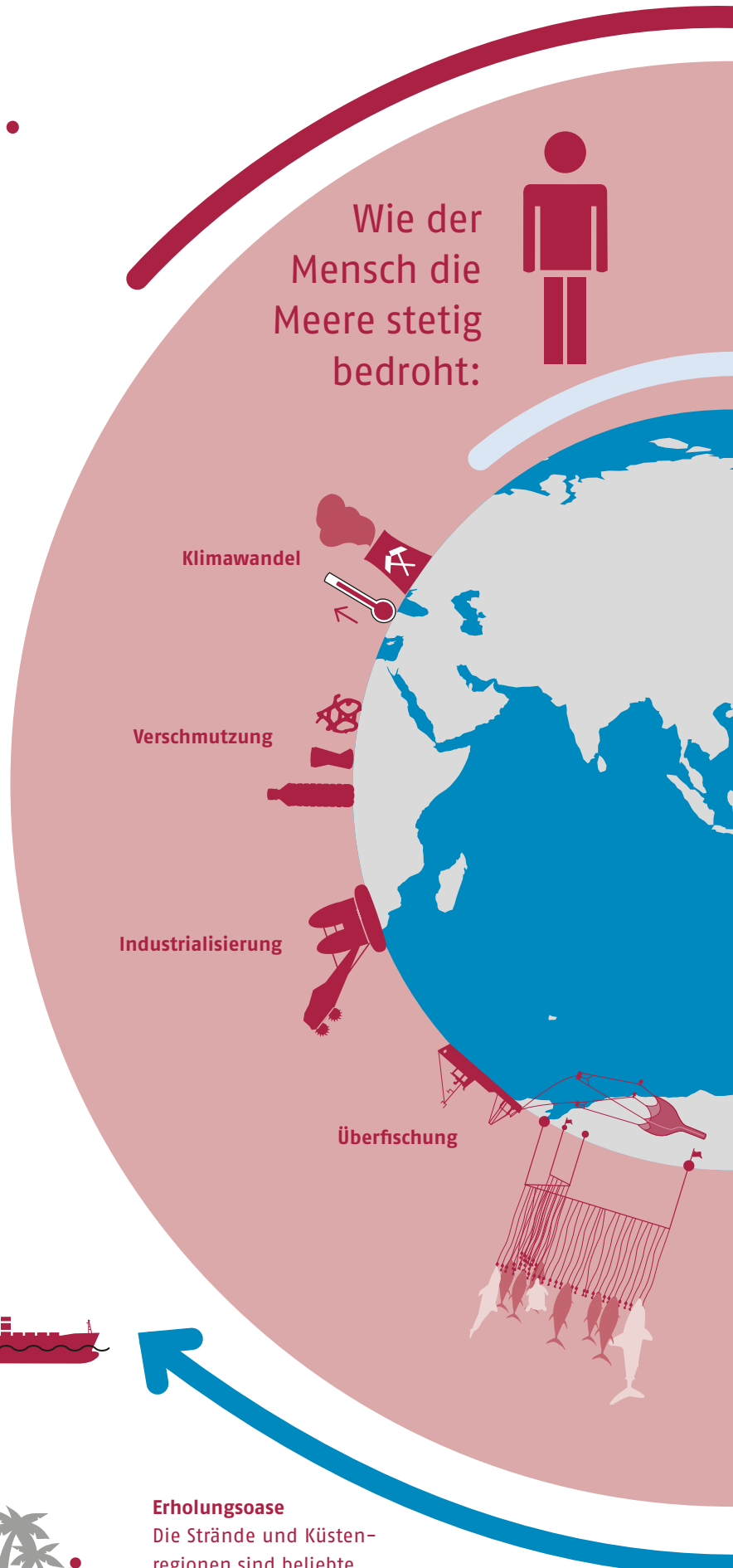


Klimawandel

Verschmutzung

Industrialisierung

Überfischung



...und das Meer

Wie wir zum Meereschutz beitragen können:



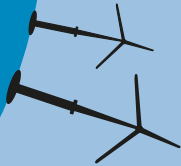
Konsum ändern



Mehr Recycling, weniger Plastik



Weniger CO₂-Ausstoß



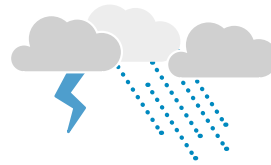
Weniger Fisch essen



Mehr Schutzgebiete



Die Ozeane leisten einen großen Beitrag, sie sind:

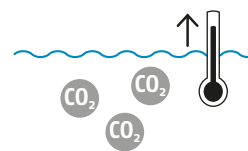
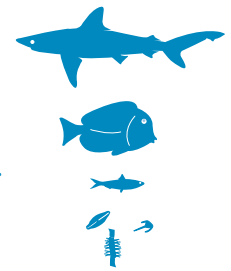


Klimaregulator

In ständigem Austausch mit der Atmosphäre steuern sie Wetter und Klima.

Lebensraum

Sie schaffen biologisches Gleichgewicht durch komplexe Nahrungsketten.

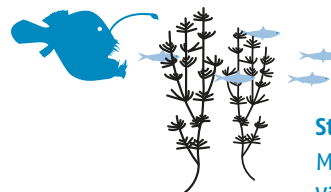
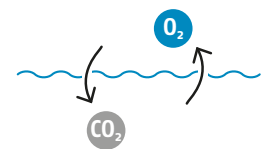


Klimaschützer

Sie erzeugen eine »Pufferwirkung« durch die Aufnahme von CO₂ und Wärmeenergie.

Sauerstoffversorger

Sie wandeln unser CO₂ um und produzieren unter anderem Sauerstoff.

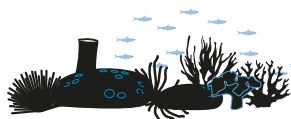


Stabilisator

Mithilfe von biologischer Vielfalt sorgen sie für stabile Ökosysteme.

Kinderstube

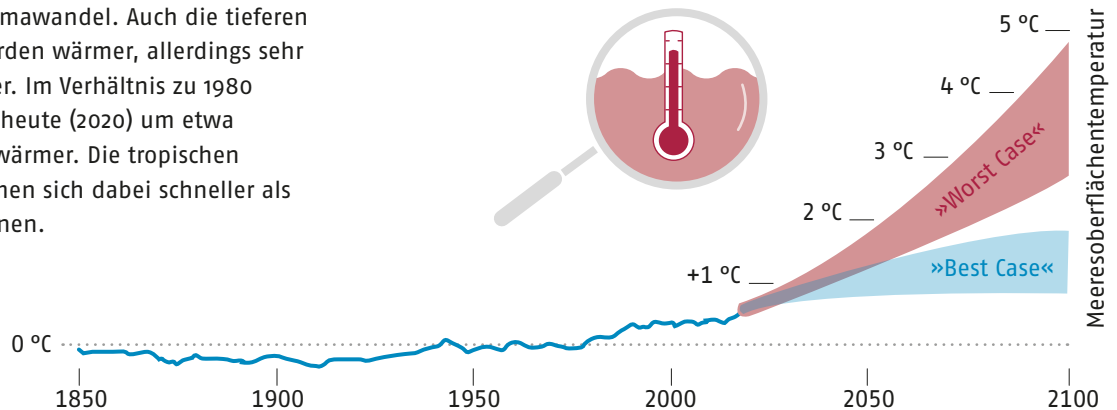
Korallenriffe sind ein sicherer Ort für Fortpflanzung und Artenvielfalt der Meeresbewohner.



Meere im Klimawandel

1 Der Ozean wird wärmer.

Die Meeresoberflächentemperatur steigt durch den Klimawandel. Auch die tieferen Schichten werden wärmer, allerdings sehr viel langsamer. Im Verhältnis zu 1980 ist der Ozean heute (2020) um etwa ca. 0,6 Grad wärmer. Die tropischen Meere erwärmen sich dabei schneller als andere Regionen.

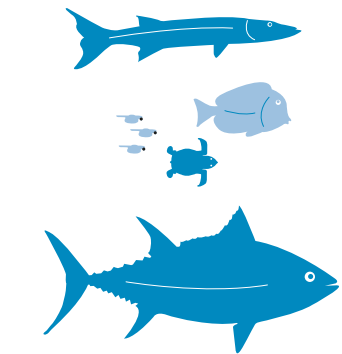
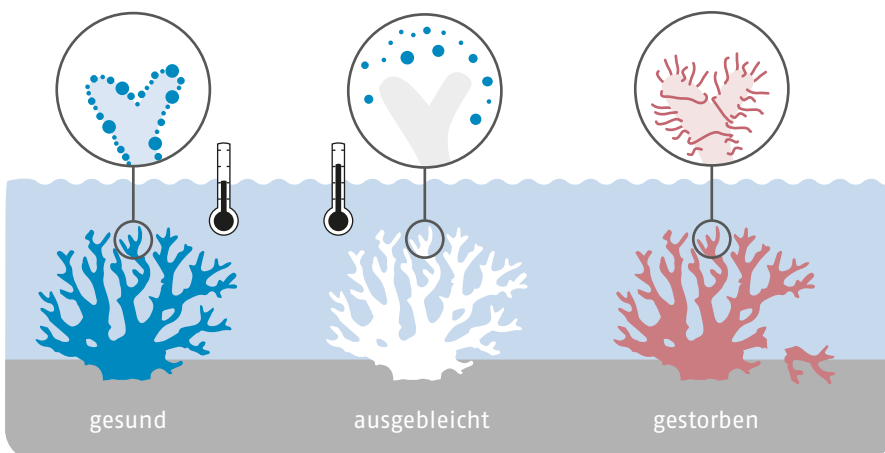


2 Die Biodiversität nimmt ab.

Korallen gehen eine lebensnotwendige Symbiose mit bestimmten Algen, den Zooxanthellen, ein. Sie werden von der Alge ernährt und erhalten ihre Färbung von ihr.

Ab 1 Grad höherer Temperatur gerät die Alge in einen Schockzustand und produziert Gift statt Zucker. Die Koralle stößt die Alge daher ab und verliert damit ihre Farbe.

Als Folge verhungert die Koralle. Nach dem Tod setzt ein schädlicher Algen- und Schwammbe- wuchs ein, der eine Rückkehr der Zoo- xanthellen fast un- möglich macht.





25 %


der Lebewesen im Ozean hängen direkt von den Korallenriffen ab.

3 Der Ozean wird saurer.

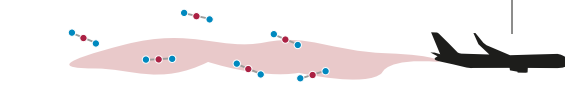
vor 1950



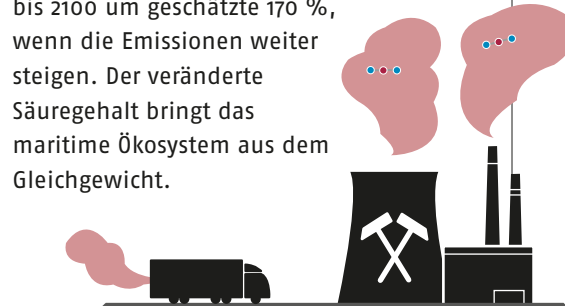
-  Kohlenstoffdioxid (CO₂)
- +  Wasser (H₂O)

- =  Kohlensäure (H₂CO₃)

2020

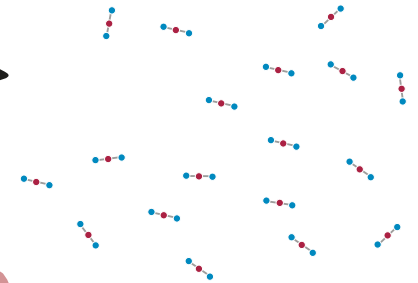


Je mehr CO₂ von den Meeren aufgenommen wird, desto stärker steigt ihr Säuregehalt – bis 2100 um geschätzte 170 %, wenn die Emissionen weiter steigen. Der veränderte Säuregehalt bringt das maritime Ökosystem aus dem Gleichgewicht.



Säuregehalt
+ 30 %

2100

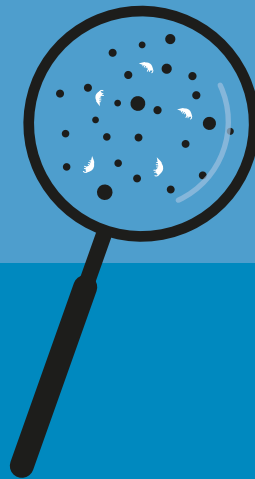


Säuregehalt
+ 170 %

Müll im Meer

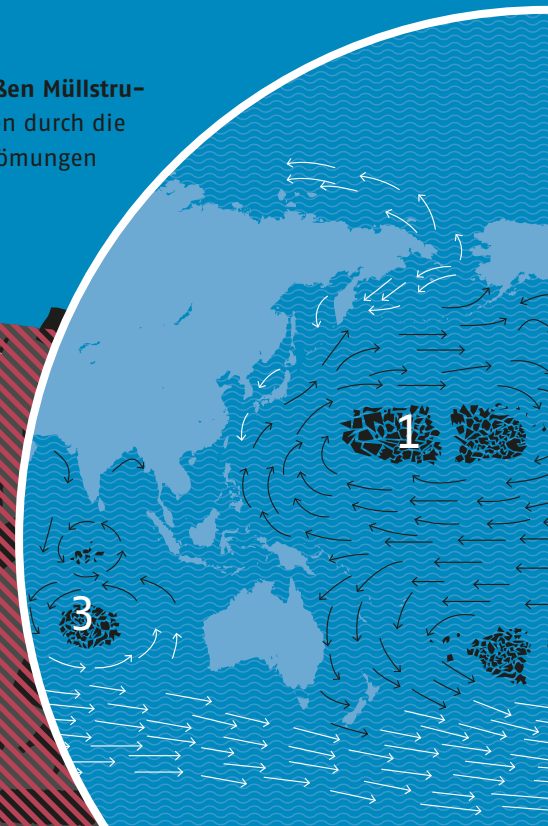


Plastik ist inzwischen überall – auch dort, wo wir uns eigentlich nie aufhalten. In 5 gigantischen Müllstrudeln sammelt es sich in den Weltmeeren. Der sichtbar auf der Wasseroberfläche schwimmende Müll ist dort mit der »Spitze des Eisbergs« zu vergleichen: Etwa dreißig Meter zieht sich in einem Müllstrudel die Brühe aus kleinsten und großen Plastikteilen in die Tiefe. Durch die Sonneneinstrahlung, den Salzgehalt des Wassers und die ständige Bewegung zerfällt der Kunststoff unterschiedlich schnell: Es kann zwischen 1 und 600 Jahren dauern, bis sich Plastiktüten oder Angelschnüre in sandkorngroße Teile zersetzt haben. Ein Großteil des Mülls sinkt früher oder später zum Meeresboden, setzt sich auf den Sedimenten ab und wird schließlich von ihnen überdeckt. In Indonesien wurde die bislang höchste Kunststoffdichte mit ca. 690 000 Teilchen pro Quadratkilometer auf dem Meeresgrund gemessen.



Im Nordatlantischen Wirbel kommen auf 1 kg Zooplankton ganze 6 kg Plastik.

Die 5 großen Müllstrudel werden durch die Meeresströmungen geformt.





70 % des Mülls liegen auf dem Meeresgrund.



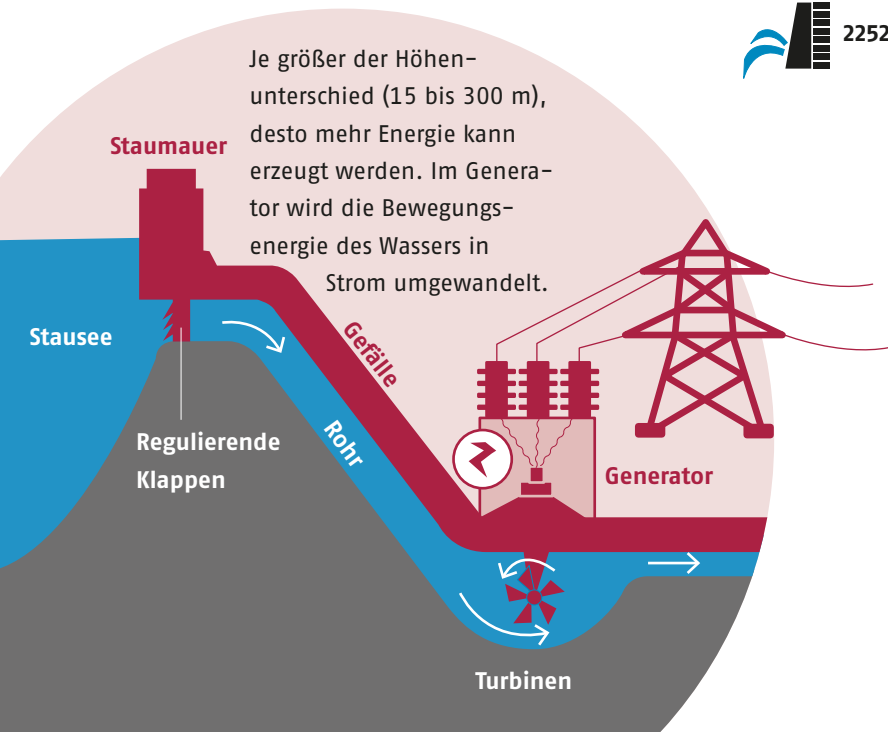
Süßwasser

Flüsse und Staudämme

Die größten Flüsse der Erde

So funktioniert ein Speicherkraftwerk

Je größer der Höhenunterschied (15 bis 300 m), desto mehr Energie kann erzeugt werden. Im Generator wird die Bewegungsenergie des Wassers in Strom umgewandelt.



Nordamerika
1727

2252

Südamerika

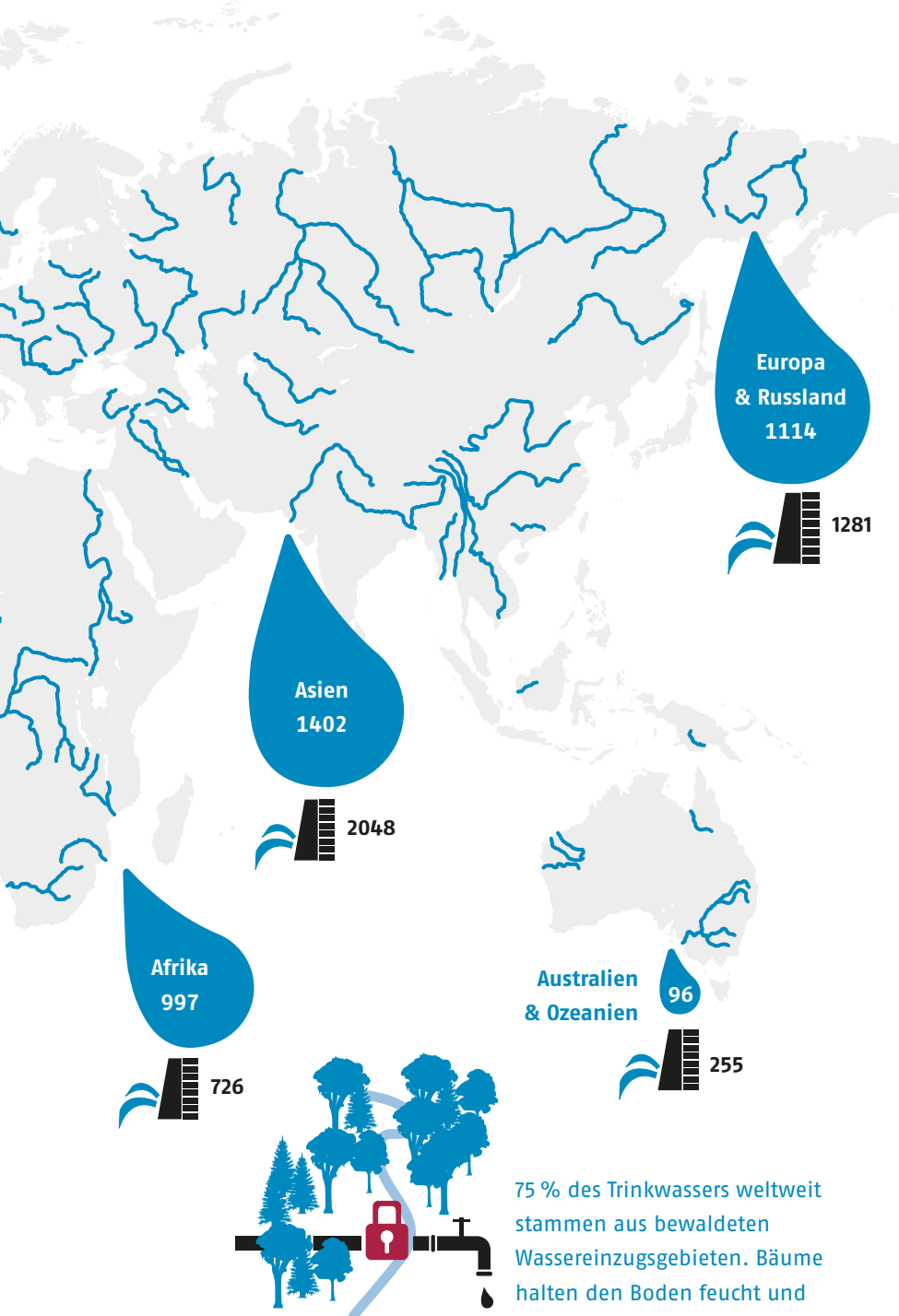
861

300

Staudämme

Stauvolumen in
Mrd. m³

Anzahl der
Staudämme



75 % des Trinkwassers weltweit stammen aus bewaldeten Wassereinzugsgebieten. Bäume halten den Boden feucht und spenden kühlenden Schatten.

Flüsse sind wie Lebensadern, fundamental wichtig für Ernährung, Trinkwasser und Kultur. Zudem werden Flüsse zum Gütertransport, zur Stromgewinnung und zur Kühlung von Industrieanlagen und Bewässerung von Feldern genutzt.

Flüsse transportieren aber auch Abfälle, Chemikalien aus der Textilindustrie, Pestizide von den Feldern, Quecksilber vom Goldschürfen oder Öl und Metalle aus Minen.

Rund die Hälfte aller Flüsse weltweit verfügen über mindestens einen Staudamm: als Hochwasserschutz, zur Trinkwasserversorgung oder Stromerzeugung. Auch für die Landwirtschaft sind Stauseen enorm wichtig: 30-40 % aller künstlich bewässerten Felder werden mit Wasser aus Stauseen versorgt. Durch den Bau der Staudämme werden Lebensräume zerstört: Besonders in Südostasien wird für Staudammprojekte Regenwald abgeholzt, mit dramatischen Folgen für viele akut vom Aussterben bedrohten Arten.

Durch den Klimawandel verändern sich Flüsse auf allen Kontinenten: Hitzewellen verursachen Sauerstoffarmut und Fischsterben, die Gletscherschmelze führt langfristig zu Niedrigwasserständen. Während Staudämme kurzfristig durch die Schmelze eine höhere Produktion aufweisen, wird es langfristig bergab gehen mit der Energiegewinnung.

Damit der Anbau von Lebensmitteln möglich bleibt und um die Folgen der Erwärmung abzufedern, ist die Erhaltung von bewaldeten Flussökosystemen mithilfe von Renaturierungsprojekten und Schutzgebieten unausweichlich.

»Verstecktes« Süßwasser

Tief im Boden: Grundwasser

Nur 2,5 % der Wasservorkommen auf der Erde sind Süßwasser. Ein Drittel davon ist Grundwasser, knapp zwei Drittel sind in den Eisschilden gespeichert.

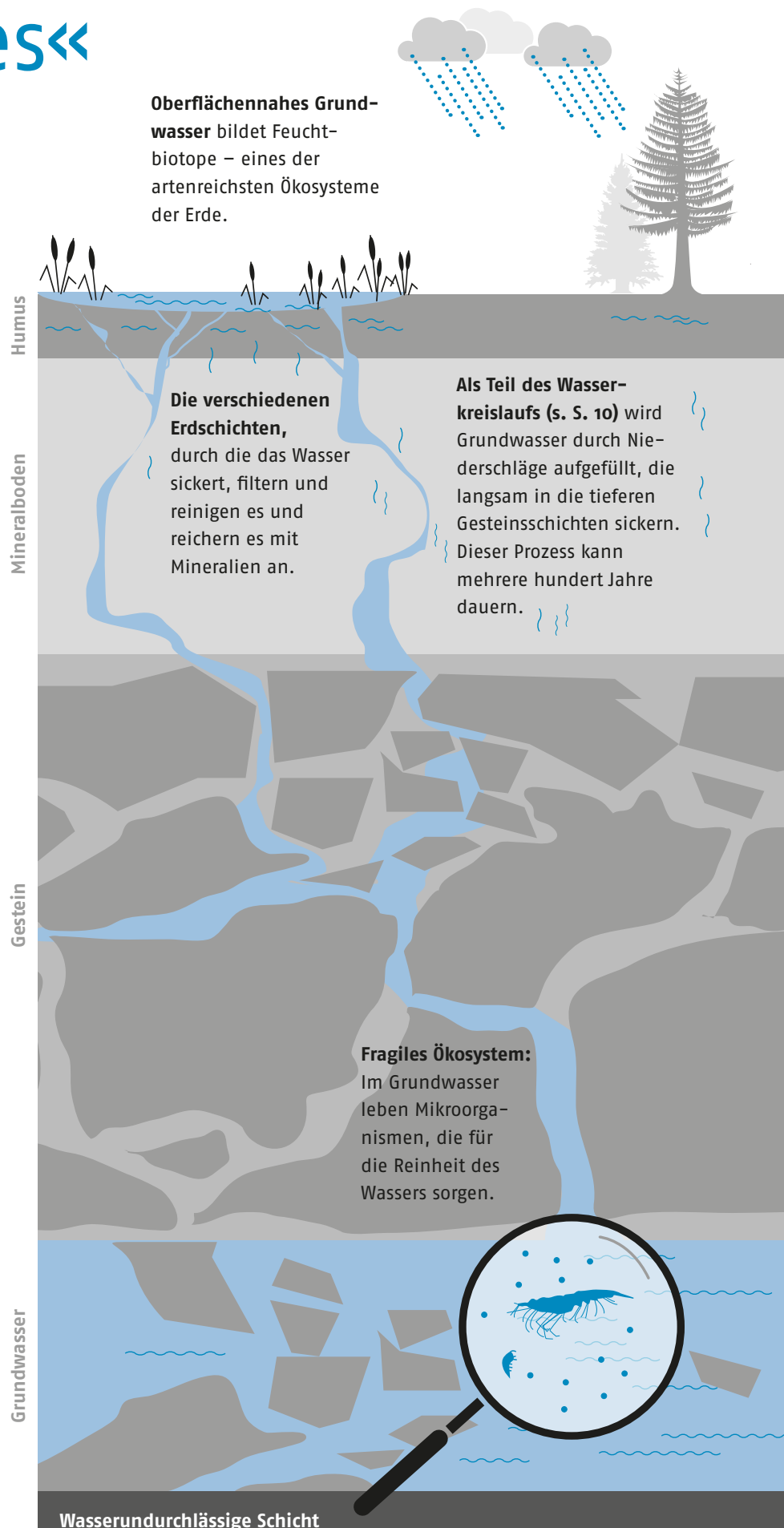
Grundwasser speist Quellen, versorgt Flüsse, Seen und Wälder. Für uns ist es in vielen Bereichen lebensnotwendig: als Trinkwasser, als Grundlage für den Anbau von Lebensmitteln, zur Produktion von Waren und in manchen Regionen als Heizenergie aus Thermalquellen.

Wasser ist die meistgenutzte Ressource unserer Erde. Die Qualität des Grundwassers sollte entsprechend seiner Wichtigkeit ständig überwacht werden. Aber sogar in Deutschland hat das Grundwasser vielerorts keine ausreichend hohe Qualität und muss kostspielig aufgearbeitet werden (s. S. 95).

Eine Ausweitung des gesetzlichen Verbots von langlebigen, nicht biologisch abbaubaren Schadstoffen,* die z. B. in Pestiziden oder der Beschichtung von Outdoorbekleidung weiterhin im Einsatz sind, und eine stärkere Regulierung der Überdüngung in der Landwirtschaft wären wichtige Schritte, um sauberes Grundwasser für zukünftige Generationen sicherzustellen.

Es kann mehrere hundert Jahre dauern, bis das Wasser von der Oberfläche bis zum tief gelegenen Grundwasser durchgesickert ist. Wir müssen also heute beginnen, das Wasser von morgen zu schützen!

*persistent organic pollutants (POPs)



Nutzung des Grundwassers

Trinkwasser



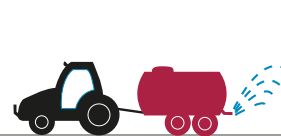
Weltweit stammt Trinkwasser zu einem großen Teil aus dem Grundwasser, in Deutschland rund 70 %. Es wird außerdem als Mineralwasser abgefüllt.

Industrie



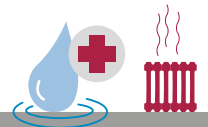
In Fabriken und Kraftwerken wird es als Kühlwasser oder zur Herstellung z. B. von Papier genutzt.

Landwirtschaft



Zur Bewässerung der Felder und für Nutztiere wird Grundwasser in der Landwirtschaft benötigt.

Thermalquellen und Geothermie



Heiße und warme Heilquellen werden aus gesundheitlichen Gründen und als Erdwärme für Heizungen genutzt.

Meeresspiegel heute

Tief unter dem Ozean – Süßwasserspeicher

Während der letzten Eiszeit lag der Meeresspiegel etwa 125 m niedriger als heute. Als sich die Erde erwärmte und 1000 m hohe Eismassen geschmolzen sind, ist der Meeresspiegel angestiegen.

Entlang der Ostküste der USA wurde auf dem flach gelegenen Kontinentalschelf ein riesiges Süßwasser-Reservoir unter dem Meer entdeckt: ein Relikt der Eiszeit. Das Süßwasser entweicht allerdings langsam über Sedimente ins Meer und wird vermutlich zusätzlich von Wasserquellen an Land gespeist.

Meeresspiegel in der letzten Eiszeit

Feuchtgebiete fürs Klima

Feuchtgebiete sind einzigartige Lebensräume, da sie eine Übergangszone zwischen Land- und Wasserökosystemen bilden. Sie zählen außerdem zu den produktivsten Landschaften auf der Erde. Die Artenvielfalt ist hier besonders hoch: Stark angepasste Pflanzen, Amphibien, Fische, Algen und viele Vogelarten formen ein hochkomplexes Ökosystem. Viele die-

ser Arten sind wegen des Verschwindens dieses Lebensraums bedroht.

Sümpfe, Moore, Torfmoore, Marschland oder Salzwiesen gehören zu Feuchtgebieten. Sie haben vieles gemeinsam: Ihre Böden sind stark wasserhaltig, weisen einen geringen Sauerstoffgehalt auf und binden, global betrachtet, gigantische Mengen an Treibhausgasen.

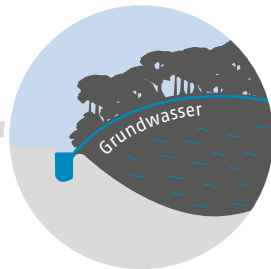


Schütze das Moor!
Unter dem Hashtag
#moormussnass
finden sich
viele inspirierende
Initiativen.

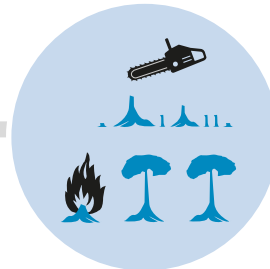
Torfmoore



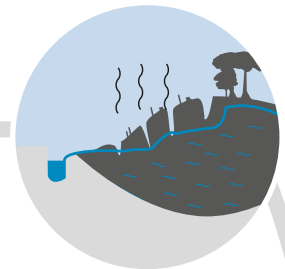
Ein Torfmoorwald ist ein tropischer Tieflandregenwald, der auf bis zu 30 Meter mächtigen feuchten Moorschichten wächst.



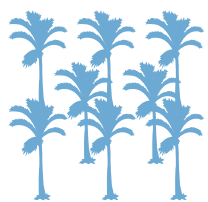
Ein gesundes Torfmoorökosystem verfügt über einen hohen Grundwasserspiegel.



In Südostasien werden Torfmoorwälder z. B. für die Holzproduktion gefällt oder durch illegale Brandrodung zerstört.



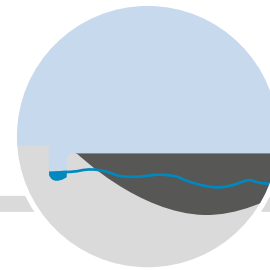
Verschwindet der Wald, setzt eine Entwässerung der Böden ein, CO₂ und Methan werden freigesetzt.



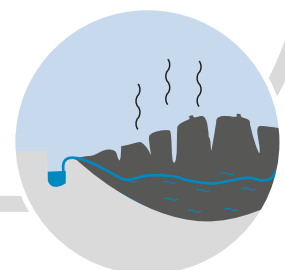
Anstelle des Waldes werden Ölpalmen gepflanzt, um der weltweit steigenden Nachfrage nach Palmöl gerecht zu werden.



Durch Hitze und fehlende Bodenfeuchte entstehen Feuer, weiteres CO₂ wird freigesetzt.

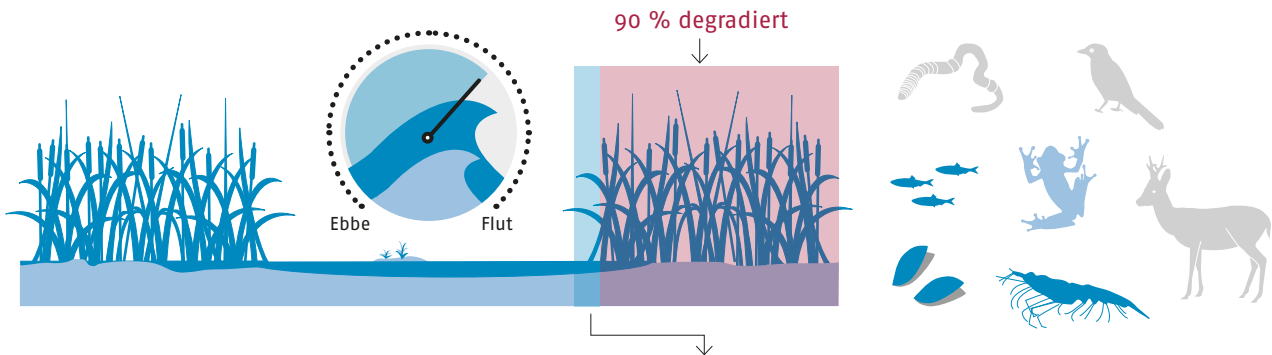


Endstufe: Das Ökosystem Torfmoor ist zerstört, der Grundwasserspiegel am untersten Limit.



Nach und nach sinkt der Grundwasserspiegel, das Moor trocknet aus und setzt das gespeicherte CO₂ frei.

Marschland & Salzwiesen



Der Boden ist mineralisch feucht und dicht überwachsen mit einer Vielfalt an Gräsern und Schilf.

Periodische Überschwemmungen z. B. durch Gezeiten sorgen für einen hohen Nährstoffgehalt.

In Deutschland sind weniger als 10 % der Feuchtgebiete in einem guten ökologischen Zustand.

Küstennahe Salzwiesen werden von Süß- und Salzwasser liebenden Arten frequentiert.

Zustand der Moore



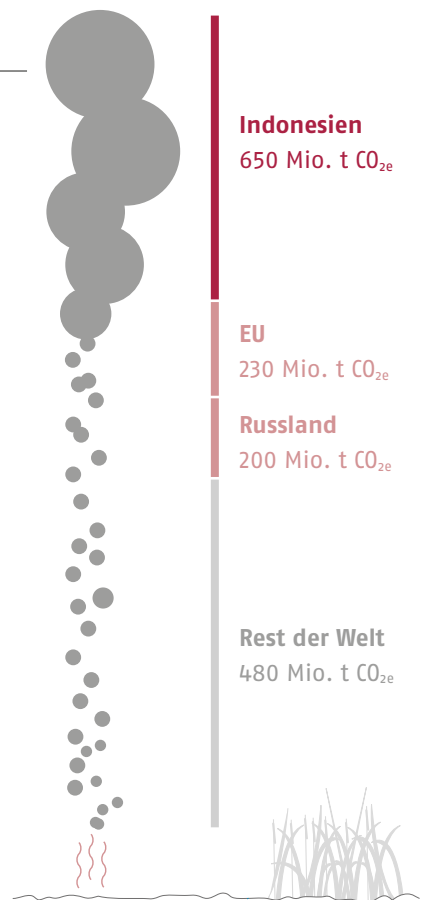
... davon sind ca. 500 000 km² degradiert und entwässert.

Ca. **5000 km²**

intakte Moore werden jährlich entwässert, degradiert oder zerstört. Das ist eine Fläche doppelt so groß wie das Saarland. Als Folge emittieren die ehemaligen Moore Klimagase.

1560 Mio. t CO_{2e}*

Jährliche Emissionen durch entwässerte Moore weltweit und die Hauptverursacher (Stand: 2020)



* CO₂-Äquivalente: alle Klimagase umgerechnet in die Wirkung von CO₂



Eiswelten

Die Kryosphäre der Erde

Die Kryosphäre, aus dem altgriechischen *krýos* = Eiskälte und *sphaira* = (Erd-)Kugel, ist die Gesamtheit aller Eis- und Schneeflächen auf einem Planeten. Auf der Erde erstreckt sie sich über einhundert Länder in Form von Eisschilden, Schnee, Gletscher, Meereis und Schelfeis, Permafrost an Land und am Meeresboden sowie als Eis auf Seen und Flüssen.

Permafrost

Auf der Nordhalbkugel gefriert der Boden ganzjährig in Alaska, Nordkanada und Sibirien, zudem in hohen Bergregionen wie dem Himalaja. Auf der Südhalbkugel sind die Böden der Antarktis ebenfalls permanent gefroren.

Schnee

Schnee bedeckt im Mittel jedes Jahr rund 46 Mio. km² der Erde.

Schelfeis

Schwimmende permanente Eisflächen, die mit dem Landeis verbunden und mehrere hundert Meter hoch sind. Mit 473 000 km²

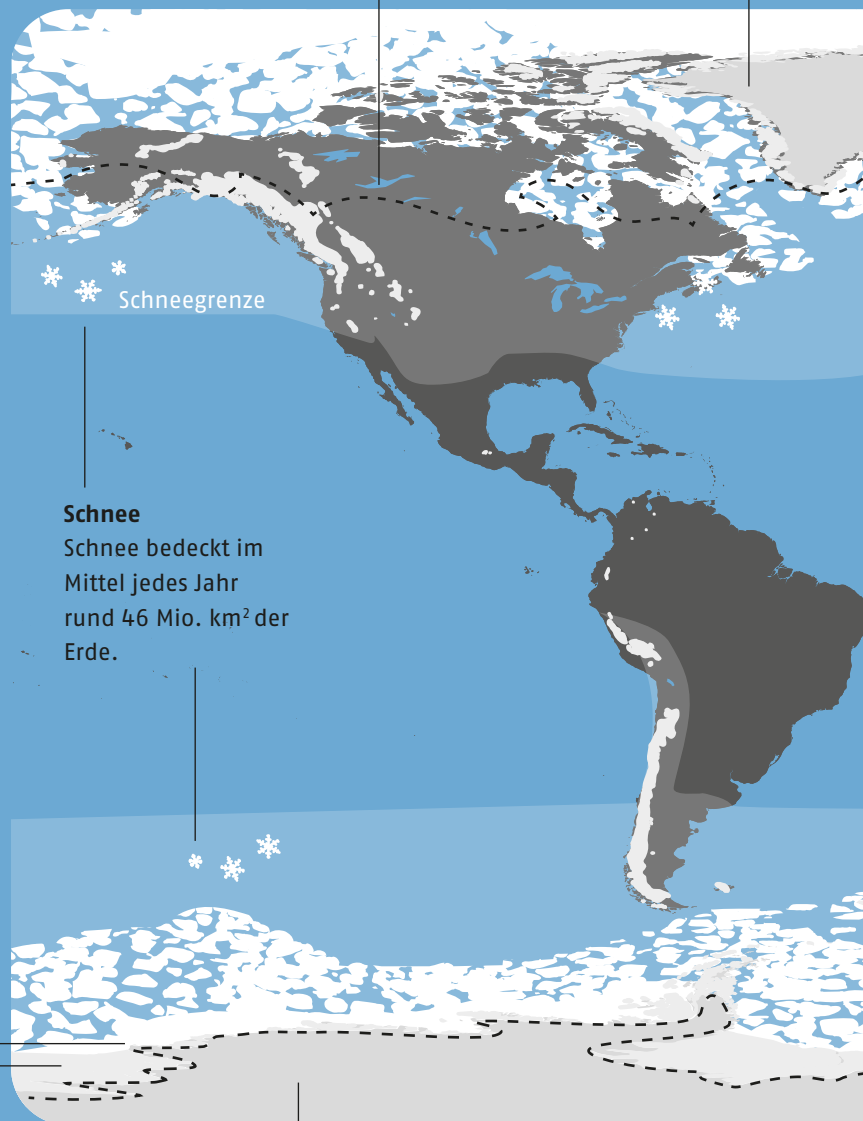
ist das Ross-Schelfeis in der Antarktis das größte seiner Art. An den Kanten kalbt das Schelfeis, Eisberge entstehen.

Süßwassereis

Die obere Schicht von Seen und Flüssen ist im Winter oft gefroren.

Grönlandisches Eisschild

Der Eispanzer Grönlands ist bis zu 3200 m hoch.



Eisschilde

Ganzjährige Eispanzer an Land, die mindestens 50 000 km² groß sind und eine gewölbte Form haben. Im Innern fließt das Eis durch sein Eigengewicht von der Mitte der Eiskuppel zu den Rändern.

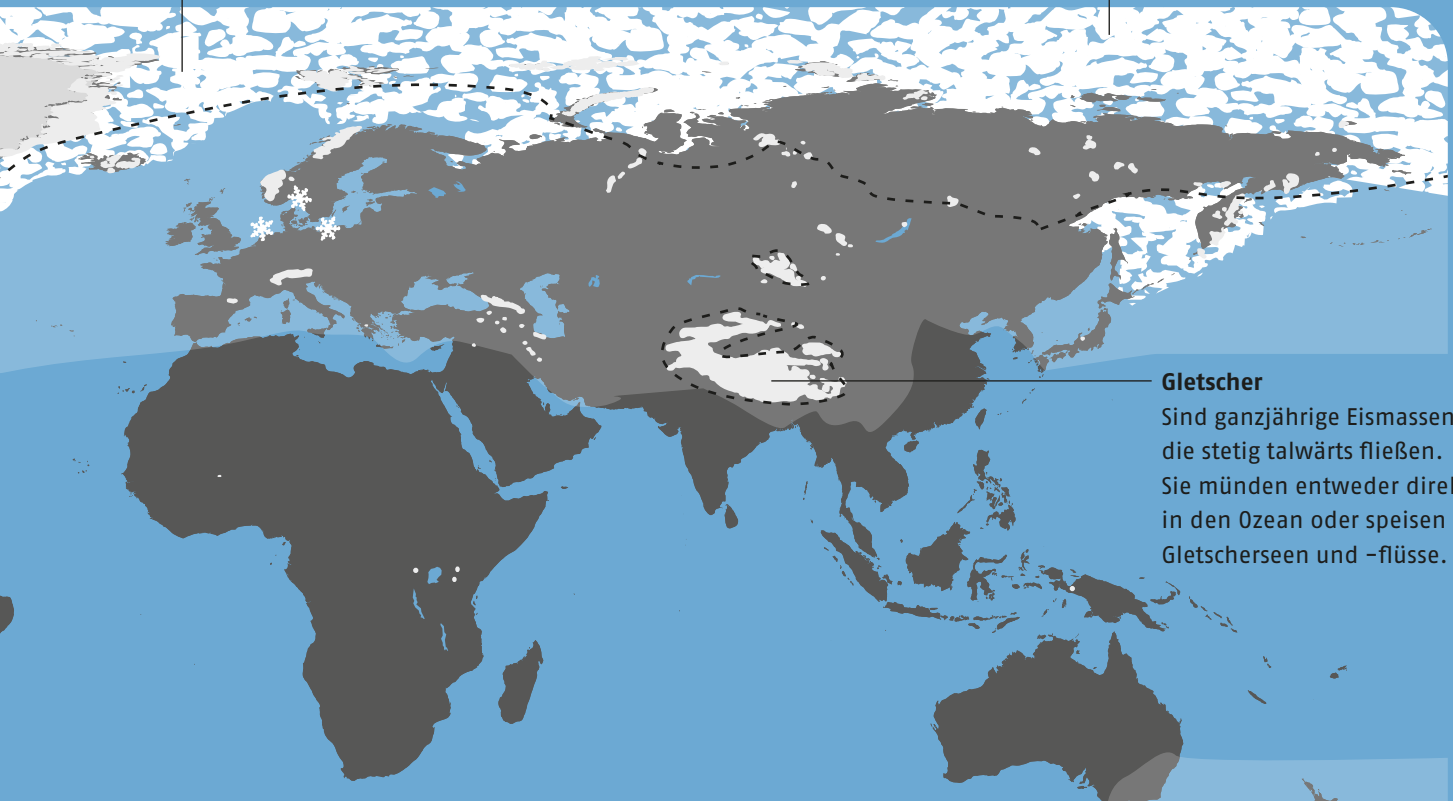
Meereis

Durch den Salzgehalt gefriert die Meeresoberfläche bei $-1,8$ Grad zu einer dünnen Schicht.

Später driften dickere Eisschollen, von Winden und Strömungen angetrieben, durch die Polarmeere.

Mehrjähriges Meereis

bildet sich nur in der Arktis und ist deutlich dicker als das bis zu $1,5$ m dicke einjährige Eis.



Gletscher

Sind ganzjährige Eismassen, die stetig talwärts fließen. Sie münden entweder direkt in den Ozean oder speisen Gletscherseen und -flüsse.

Schneegrenze

Antarktisches Eisschild

Der Eisanspanzer der Antarktis ist bis zu 4897 m dick.

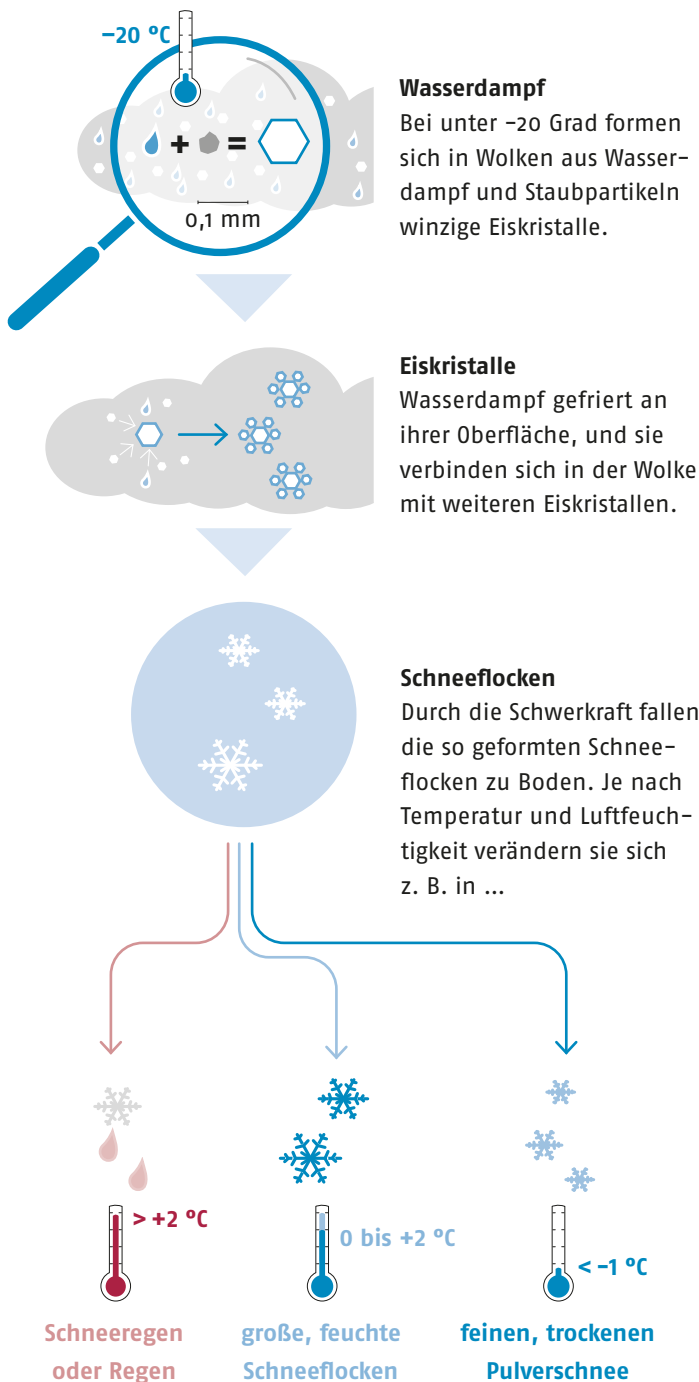
Saisonales Meereis

Im antarktischen Winter bildet sich eine $0,5-1$ m dünne Meereisdecke. Im Sommer bleiben nur ca. 20% des Meereises erhalten. Grund dafür sind neben höheren Temperaturen die starken ablandigen Winde.

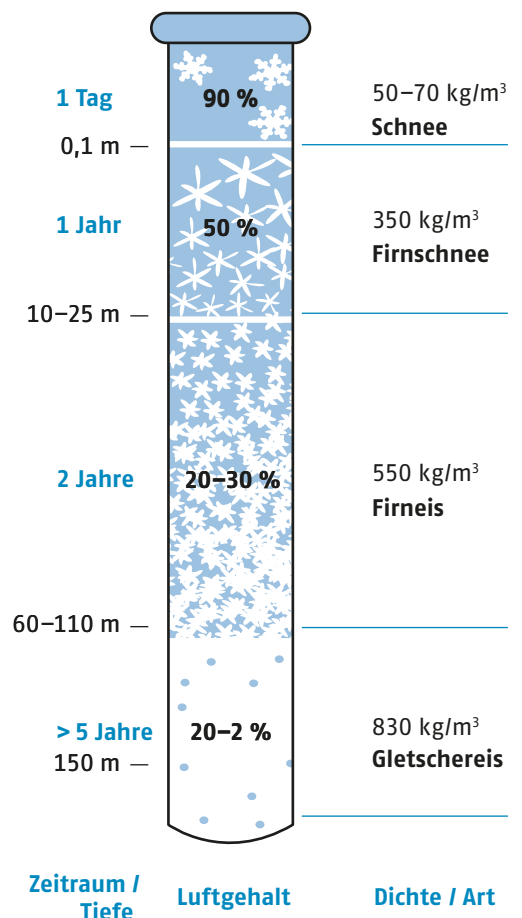
Was ist Eis?

Eis hat viele Formen: Bei Minusgraden entstehen u. a. Eisflocken in der Luft, Eiskristalle im Boden und Eisnadeln auf dem Wasser.

Von Schneeflocken ...



... zum Gletschereis



Von seinem Eigengewicht und durch wiederholte Schmelz- und Gefrierprozesse verdichtet, entsteht aus leichtem Neuschnee nach rund fünf Jahren schweres Gletschereis. Im Gletschereis verbleiben wenige Luftblasen, die durch den Druck immer weniger werden, bis nur noch ca. 2 % übrig bleiben. Forscher*innen können in diesen Bläschen die Klimageschichte der letzten 800 000 Jahre ablesen.

Eis ist immer in Bewegung

Akkumulation

Gletscher und Eisschilde wachsen durch Schneefall jedes Jahr wieder an. Auch Schnee- und Eislawinen und das Wiedergefrieren von Schmelzwasser tragen dazu bei.

Ablation

Gletscher und Eisschilde verlieren jedes Jahr an Masse, u. a. durch: Abschmelzen, Abfluss, Sublimation (»Verdunstung«), Ablösen von Eisbergen (Kalbung) und Abbruch von Eis an der Schelfeis- oder Gletscherfront.

Eis & Atmosphäre

interagieren in der Eisentstehung und -schmelze: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit entscheiden, ob es zu Wolken-, Schnee- und später zur Eisbildung kommt. Sonneneinstrahlung, CO₂-Gehalt und der Transfer von Wärme zwischen Eis, Ozean und der Atmosphäre führt zur Schmelze.

Gletscherbewegung

Das Eis in Gletschern und Eisschilden fließt durch das enorme Gewicht beständig mit der Gravitationskraft abwärts. Dabei verformt sich die zähe Eismasse innerhalb des Gletschers.

Eis & Meere

Die von Meereis bedeckten Flächen schwanken saisonal stark. Meereis bewegt sich durch Meeresströmungen und Winde, verändert den Salzgehalt und wirkt isolierend zwischen Ozean und Atmosphäre.

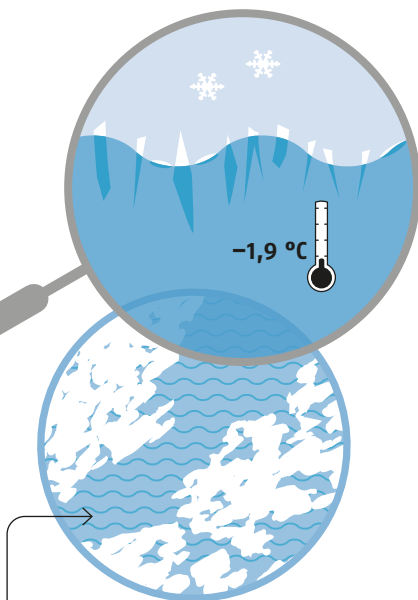
Eis & Untergrund

An der Unterseite des Eisschildes oder Gletschers gleiten die Eismassen durch den enormen Druck und die höheren Temperaturen auf einem dünnen Film aus Wasser. Die Temperatur wird von der Erdwärme und Rauheit des Untergrunds (Reibungswärme) bestimmt.

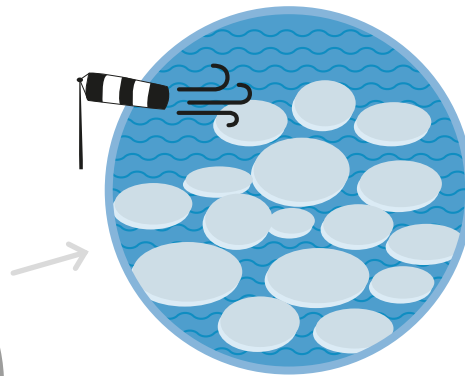
Aus dem Meer: Meereis

Salzwasser

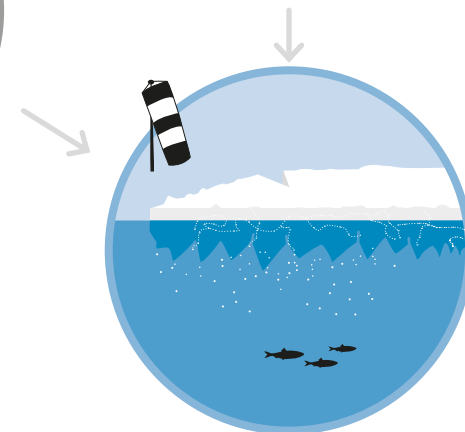
Durch das Gefrieren von Meerwasser entsteht das sogenannte Meereis.



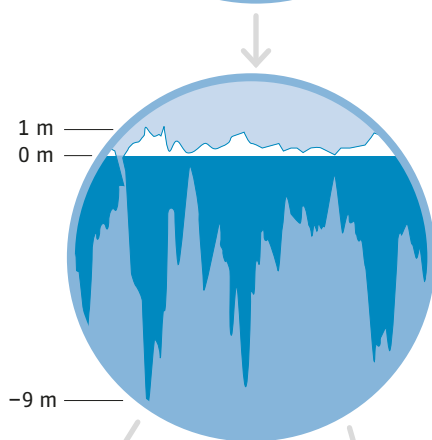
In »Polynjas«, eisfreien Flächen in den Polarmeeren und an den Küsten, kühlt kalter Wind die Wasseroberfläche. So entstehen Eiskristalle – zuerst in Nadelform, später formt sich daraus ein Eisbrei.



Bei starkem Wind und Wellengang entsteht »Pfannkucheneis«: runde Eisschollen, die an den Rändern durch die Wellenbewegung etwas hochgebogen sind. Im nächsten Schritt formt sich aus den Eisschollen eine dünne Eisdecke, die vom Wind zum bestehenden Packeis geschoben wird.



Bei Windstille formt sich aus dem Eisbrei eine dünne Eisdecke, die »Nilas«. Beim Gefrieren wird das im Meerwasser enthaltene Salz in Kanälen im Eis abgelagert. Es entweicht über Monate und teils Jahre an der Unterseite der Eisschicht in Form von Salzlake, daher besteht älteres Meereis aus Süßwasser.



Im ersten Jahr wächst die Eisdecke auf bis zu 90 cm an. Wind und Meeresströmungen schieben das Eis übereinander und formen zerklüftete Oberflächen. So entstehen nach einiger Zeit 10 bis 20 m mächtige Packeisrücken.



In der Arktis gibt es mehrjähriges 4–5 m mächtiges Eis, das auch wärmere Sommer übersteht und im Winter auf die doppelte Fläche anwächst.



In der Antarktis ist die Meereisdecke einjährig, sie schmilzt saisonal: Im Sommer verschwinden 80 % des Eises, im Winter wächst es wieder.

Schmelzendes Meereis



verändert den Meeresspiegel kaum.

Süßwasser

... vs. Eisberge: vom Land ins Meer

Gletscher bestehen aus Süßwasser und sind ständig in Bewegung. Das Eis fließt langsam in Richtung Tal, formt dabei Gletscherseen und speist Flüsse. An der Gletscherfront brechen große Eisstücke ab und treiben anschließend als Eisberge verschiedenster Farben und Formen auf den Meeren.

Eis hat eine niedrigere Dichte als Wasser, daher schwimmt es. Meeresströmungen und Winde geben die Richtung vor, und die Meerestemperatur bestimmt die Lebensdauer des treibenden Eises, die von Tagen bis Jahren reichen kann.

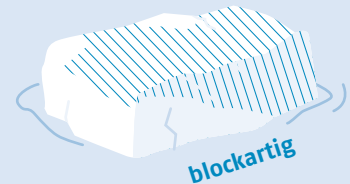


schnee-
weißes Eis



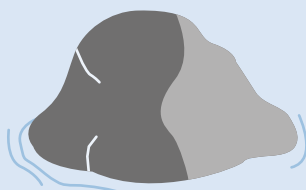
zugespitzt

farbiges Eis
mit Algenbewuchs



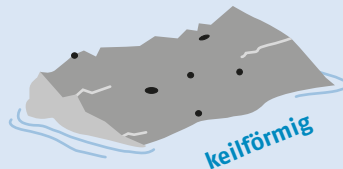
blockartig

transparentes Eis,
wirkt schwarz



Kuppel

graues Eis, bedeckt von
Steinen und Staub



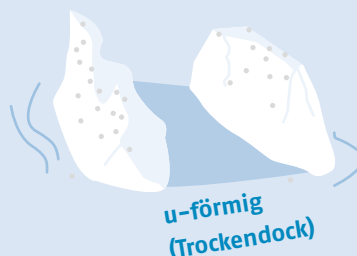
keilförmig

blaues Eis



flach
(Tafeleisberg)

gräuliches Eis
mit Rußpartikeln



u-förmig
(Trockendock)

Schmelzendes
Gletschereis

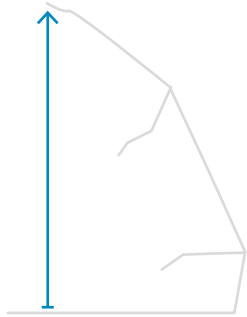


trägt zum
Meeresspiegel-
anstieg bei.

Die Farbgebung hängt von der Eisart, dem Alter und der Sauerstoffmenge, Verschmutzungen, Einschlüssen, Bewuchs und letztem Schneefall ab.

Wenn die Sonne auf das Eis scheint, wird die Strahlung langer Wellenlängen (rot) absorbiert, daher schimmert das Eis bläulich.

Nordpol ...



3200 m

mächtig ist der
Grönländische Eisschild.



Eisbären

leben nur auf der
Nordhalbkugel.

Bis zu 20 m

mächtige Packeisrücken bilden sich durch Wind und Strömungen im arktischen Meereis – ein Hindernis, das auch Eisbrecher nicht überwinden können.

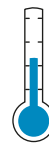


Ø 2010-2019



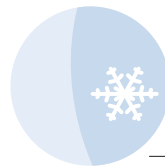
243 Gt

Eismasse verliert der
Grönländische Eisschild im
Durchschnitt pro Jahr.



-18 °C

ist die jährliche Durchschnittstemperatur in der Arktis (an Land).



ca. 3 Mio. km³

Eisvolumen in Grönland

8 Staaten

sind Arktisanrainer. Die Gebietsansprüche sind durch das Seerecht festgelegt, aber strittig.



4 Mio.

Menschen leben in der Arktis.

... vs. Südpol



148 Gt

Eismasse verliert
der Antarktische
Eisschild pro Jahr.



4897 m

mächtig ist der
Antarktische Eisschild.

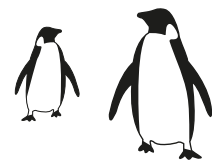
-50 °C

Durchschnitts-
temperatur herrschen
am Südpol.



ca. 26 Mio. km³

Eisvolumen in der Antarktis

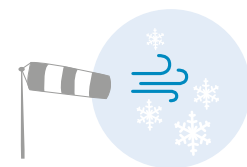


Pinguine

leben nur auf der
Südhalbkugel.

Ringozean

statt Anrainerländer: Der
Antarktisvertrag bestimmt die
friedliche Nutzung des Südpols.



327 km/h

Windrekord, gemessen 1972 an
der Dumont-d'Urville-Station in
der Westantarktis.

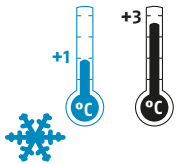
1000-4000



Forscher *innen halten sich temporär
in der Antarktis auf.

Das Eis ...

ist essenziell für Klima
und Lebewesen als:



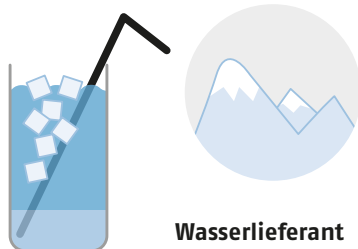
Temperaturregulator

Helle Eisflächen reflektieren einen großen Teil der Sonnenstrahlen und sind daher ein bedeutender Faktor für das weltweite Klima.



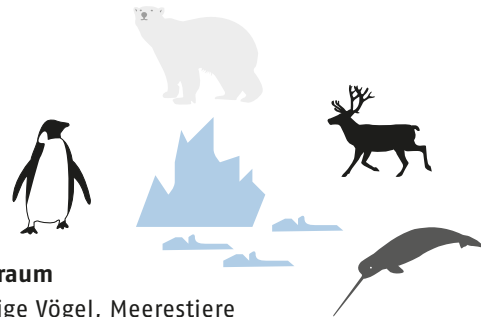
Ozeanregulator

Schmelzendes Eis erhöht den Meeresspiegel, verändert durch den Schmelzprozess den Salzgehalt und die Dichte des Wassers und beeinflusst sogar die Meeresströmungen.



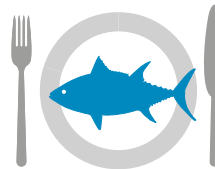
Wasserlieferant

Knapp 69 % des Süßwassers der Erde sind in Gletschern gespeichert, nur 30 % im Grundwasser.



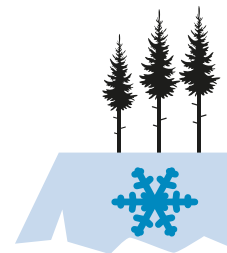
Lebensraum

Unzählige Vögel, Meerestiere und Landsäugetiere in den Polarregionen sind abhängig von Schnee und Eis, etwa zur Aufzucht ihres Nachwuchses oder zur Überwinterung.



Helfer bei der Nahrungssuche

Eisbären und andere Raubtiere sind zur Nahrungssuche auf das Meereis angewiesen. Auch von den rund 4 Mio. Menschen in der Arktis gehen einige auf dem Eis zur Jagd.



Bodenschützer

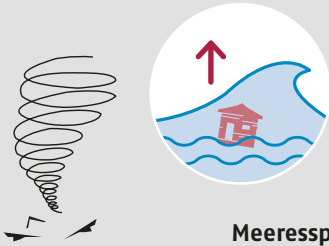
In den Polarregionen schützt der dauerhaft gefrorene Boden (Permafrost) vor Erdbeben, Absenkung von Erdreich oder Erosion* von Küsten.



* natürliche Abtragung von Gestein und Boden durch Wasser, Eis und Wind

... und der Mensch

ist auf Eis angewiesen:

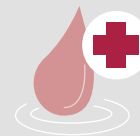
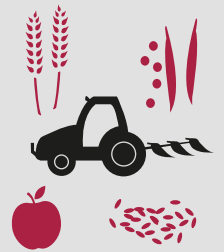


Meeresspiegel

Aufgrund steigender Temperaturen schmilzt mehr Inlandeis, in der Folge steigt der Meeresspiegel, und es kommt zu Überflutungen. Für rund 700 Mio. Menschen an Küsten, Flüssen und auf Inseln stellt das bereits heute eine ernste Bedrohung dar.

Landwirtschaft

In vielen Regionen der Welt, z. B. im Himalajagebirge oder in Chile, ist der Anbau von Obst, Gemüse und Getreide in der Trockenzeit nur durch Schmelzwasser aus Gletschern möglich.



Wasserqualität & Gesundheit

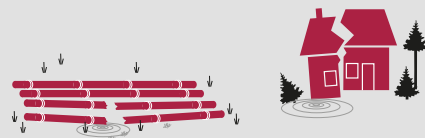
Im Eis eingelagerte Schwermetalle und Chemikalien wie FCKW können durch die Eisschmelze das Trinkwasser kontaminieren.

1350 Mio.

Menschen in hohen Bergregionen und niedrig liegenden Küstenzonen sind direkt vom intakten Zustand der Kryosphäre abhängig.

Lebensunterhalt

Von traditionellen Tätigkeiten bis hin zu Jobs im Eistourismus z. B. auf Kreuzfahrtschiffen – Millionen Beschäftigte hängen vom Zustand des Eises ab.



Infrastruktur und Häuser

Auf Permafrost gebaute Infrastruktur und Häuser für 4 Mio. Menschen in der Arktis bleiben nur dann stabil, wenn der Boden darunter dauerhaft gefroren ist.



Kultur

Eis ist besonders für die Kultur der indigenen Bevölkerung der Arktis identitätsstiftend.

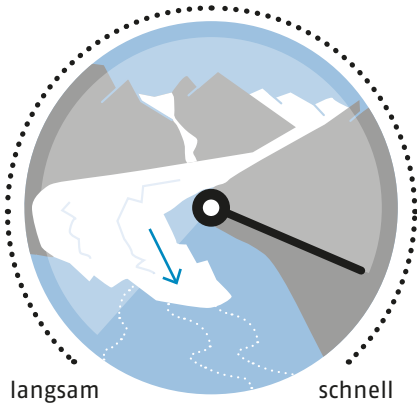


Tourismus und Freizeit

Ski und weitere Wintersportarten, Eisklettern oder Hundeschlittenrennen auf gefrorenen Seen haben eines gemeinsam: Sie benötigen Eis und Schnee.

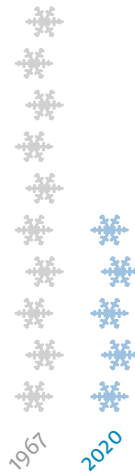


Das »ewige« Eis in Zahlen



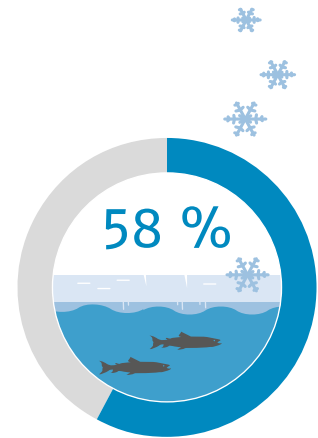
110 m

pro Tag bewegte sich der Kutiah-Lungma-Gletscher in Pakistan 1953 kurzfristig talwärts, mehr als 12 km in drei Monaten. Damit war er der schnellste Gletscher weltweit. Normalerweise werden die Bewegungen in Meter pro Jahr gemessen.



Ca.
53 %

weniger Schnee liegen
heuteim Verhältnis
zu 1967 auf der Nord-
halbkugel.



der Flüsse und
Seen auf der
Nordhalbkugel
gefrieren saiso-
nal.

99 %

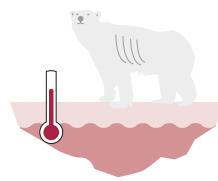
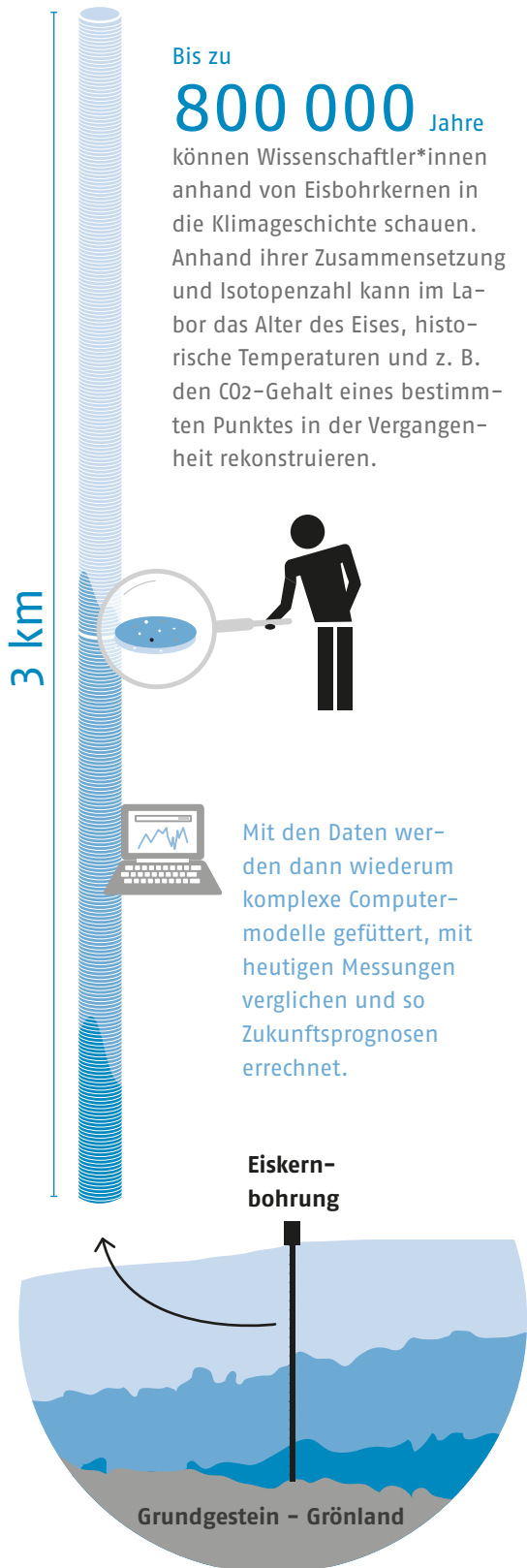
der Eismassen der Erde
stecken in den Eisschilden,

1 %
in Meereis,
Permafrost,
Süßwassereis
und in der
Atmosphäre.



Rund
220 000

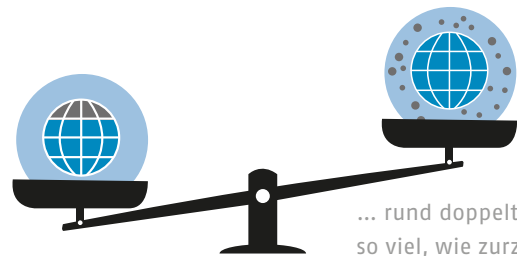
Gletscher gibt es weltweit. Sie reichen vom Meeresspiegel (Alaska) bis auf über 8000 m (Himalaja). Weltweit verlieren die Gletscher zurzeit im Sommer mehr Eismasse, als sie im Winter nachbilden können.



Seit **1450**



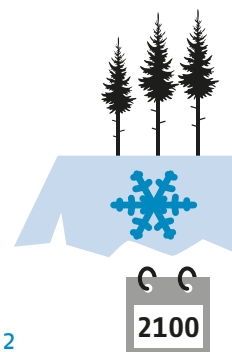
Jahren war das Nordpolarmeer nicht mehr so warm wie heute. 2 Grad wärmer ist es im Jahresdurchschnitt in der Arktis bereits.



ca. **1300 Mrd. t**
Kohlenstoff lagern
Schätzungen zufolge im
arktischen Permafrost ...

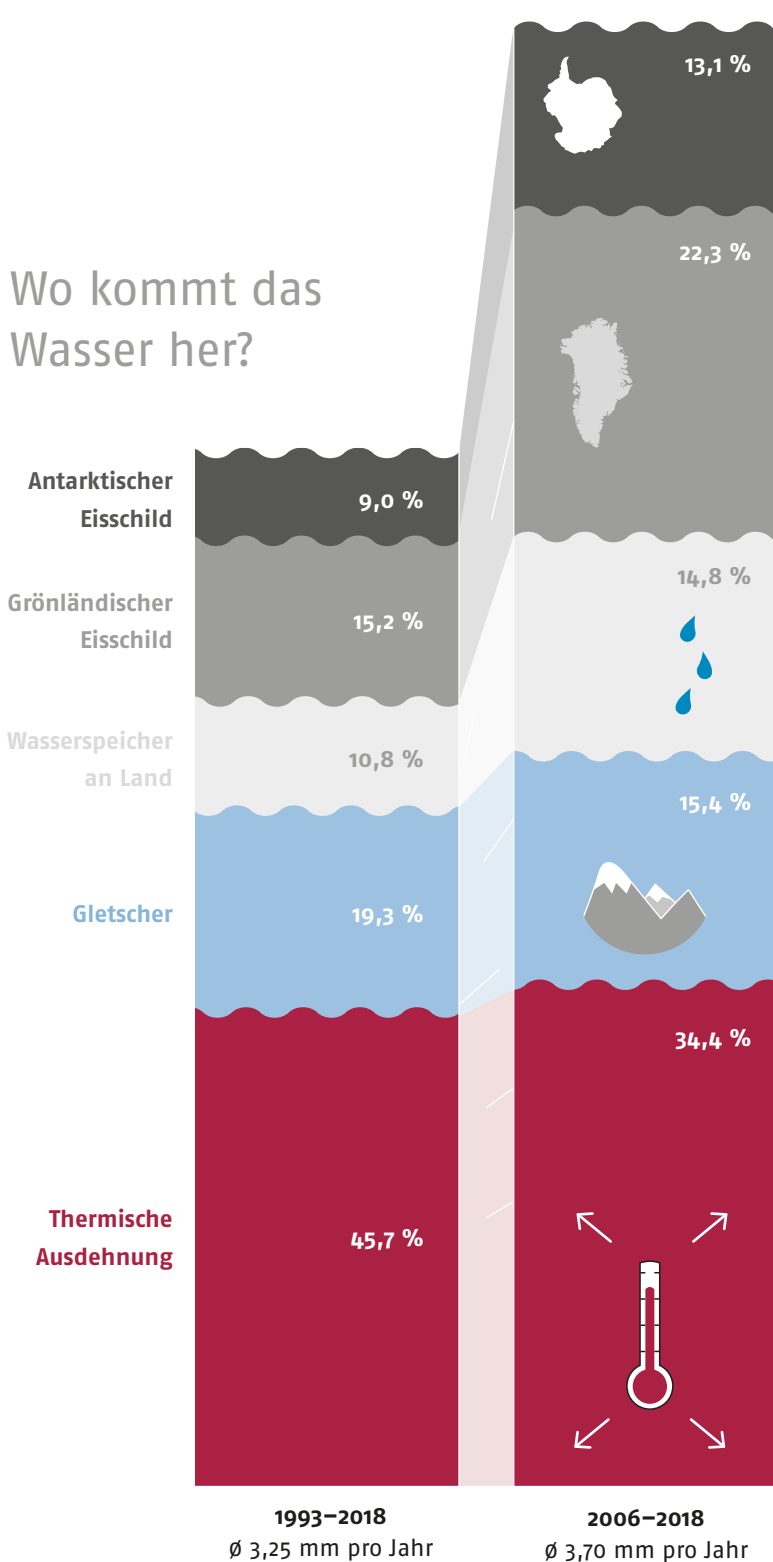
... rund doppelt
so viel, wie zurzeit in
der Atmosphäre ist.

Ca. **23** Mio. km²



Boden sind in der Arktis permanent gefroren. Je nach Reduktion der CO₂-Emissionen werden davon bis 2100 ca. 25–75 % oberflächennah tauen.

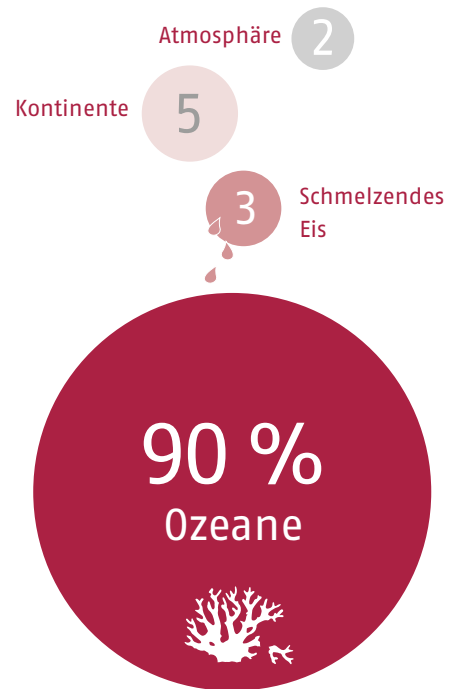
Schmelzendes Eis, steigende Pegel



↑ Der Meeresspiegelanstieg beschleunigte sich in den letzten Jahrzehnten von 3,25 mm pro Jahr auf 3,70 mm pro Jahr. 35 % des Anstiegs werden inzwischen durch das Schmelzen der Eisschilde verursacht.

Wärmeenergieaufnahme

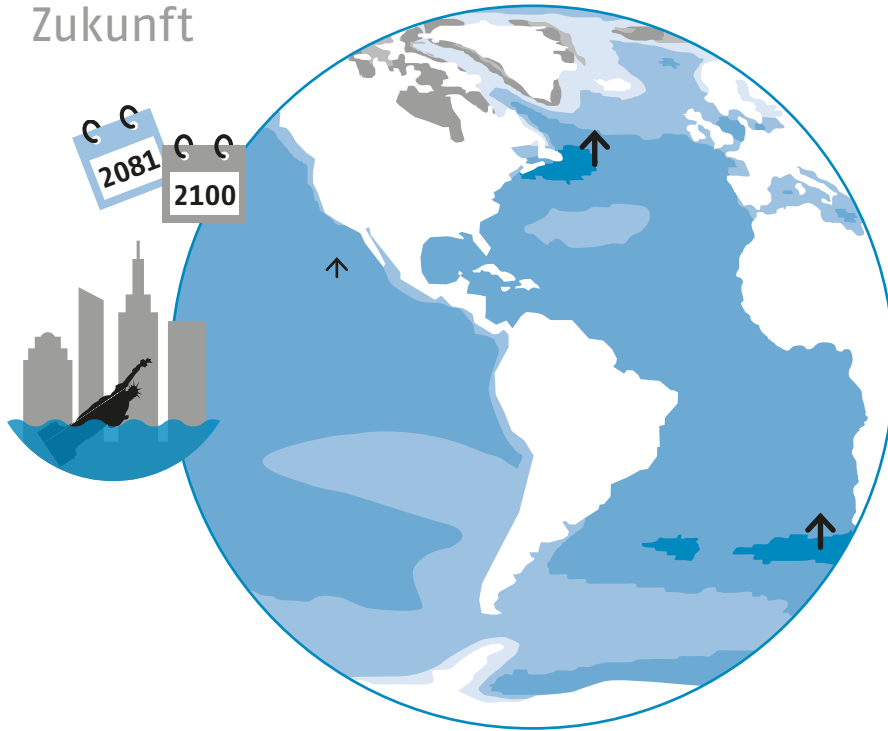
(2010–2018)



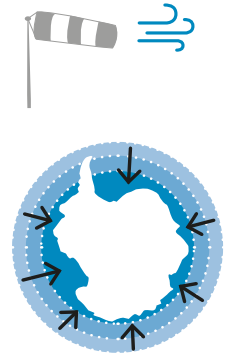
Die Ozeane nehmen die größte Menge überschüssiger Wärme aus der Atmosphäre auf. Mit der Erwärmung dehnt sich das Wasser aus.

Meeresspiegelveränderungen 2081–2100 ■ -1,5 bis -1,0 ■ -0,2 bis 0 ■ 0 bis 0,4 ■ 0,4 bis 0,6 ■ 0,6 bis 0,8 ■ >0,8 m
(relativ zu 1986–2000)

Meeresspiegel der Zukunft



Um +/- 30 % variiert der Meeresspiegel regional. Das liegt u. a. an Veränderungen der vorherrschenden Winde, Hoch- und Tiefdruckgebieten, Klimaphänomenen wie El Niño, Meeresströmungen und auch den Gravitationskräften der zwei großen Eisschilde.

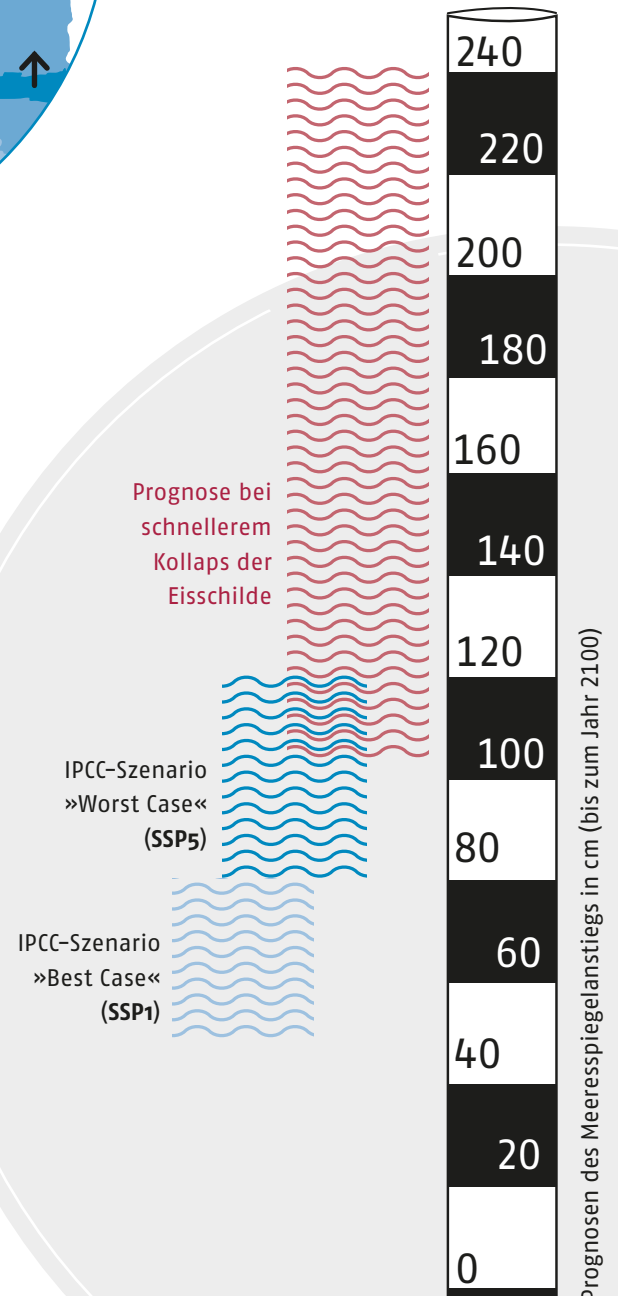


Beitrag zum Meeresspiegel bei kompletter Schmelze



Die große Ungewissheit in den Prognosen zum Meeresspiegelanstieg liegt darin, dass wir nicht genau wissen, wie schnell die Eismassen der Antarktis und Grönlands schmelzen.

Die fünf Klimaszenarien des Weltklimarats (IPCC), die »gemeinsamen sozioökonomischen Entwicklungspfade« (SSPs), sagen den Meeresspiegelanstieg bei unterschiedlichen Entwicklungen voraus: Im besten Fall (SSP1) halbieren wir unsere Emissionen bis 2041, landen 2050 bei »Net Zero« und ziehen dann bis 2100 mehr Emissionen aus der Atmosphäre, als wir hinzufügen. Dann würde sich die Erde bis 2100 nur um 1,4 Grad erwärmen. Im schlimmsten Fall (SSP5) setzen wir weiterhin auf fossile Energien, und die Emissionen verdreifachen sich bis 2100, was zu einem Temperaturanstieg von 4,4 Grad führen würde.





Wasserkrise

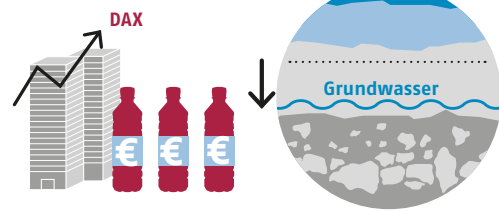
Weniger Wasser für mehr Menschen

1

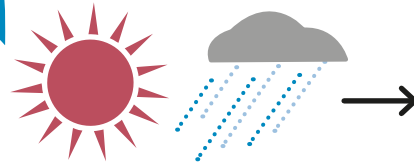
Gletscher und Grundwasserreserven schrumpfen ...

Das rasante Bevölkerungswachstum, gekoppelt mit der menschengemachten Klimakrise, sorgt für teils schweren Wassermangel. In den Ländern, in denen die Wasserknappheit aktuell schon gravierend ist, wird sie durch die Klimakrise noch verstärkt. Durch veränderte Regenmuster sowie trockeneres Klima wird sie sich zudem auf neue Regionen der Welt ausbreiten. Wetterextreme und das Schmelzen der Inlandgletscher werden das Problem voraussichtlich weiter verstärken. Aktuell sind rund 4 Milliarden Menschen saisonbedingt von akuter Wasserknappheit betroffen, und 500 Millionen Menschen leiden das ganze Jahr über unter Wassermangel.

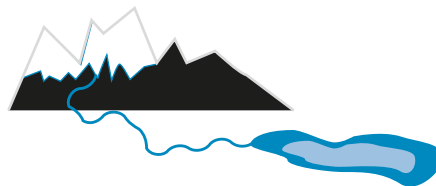
Um die Ressource Wasser für zukünftige Generationen zu wahren, müssen wir die Wasservorkommen besser schützen. An erster Stelle stehen dafür effizientere landwirtschaftliche Bewässerungssysteme, bessere Regenwassernutzung und weniger Wasserverbrauch in der Waren- und Energieproduktion.



Mineralwasserunternehmen senken den Grundwasserspiegel in einigen Regionen, indem sie zu viel Wasser abpumpen. Die Bevölkerung ist daraufhin auf teures abgefülltes Wasser angewiesen.



Dürren und Regenverteilung werden durch die Klimakrise verstärkt.



Sind Gletscher erst mal abgeschmolzen, schrumpfen die Wasserstände in Flüsse und Seen.

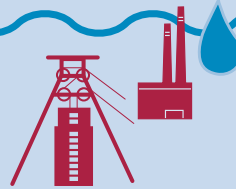


2 Der Wasserverbrauch steigt ...

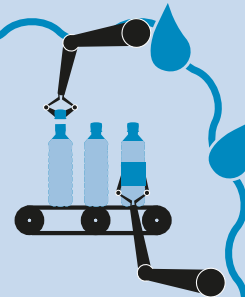
Die Energienachfrage wächst: Große Atomkraftwerke benötigen über 3 Milliarden Liter Wasser pro Tag.



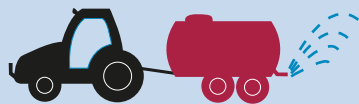
Die Industrialisierung wächst: Wasserintensive Prozesse sind u. a. Rohstoffgewinnung und Weiterverarbeitung von seltenen Erden.



Der Konsum steigt: Für die Herstellung eines Baumwoll-T-Shirts werden rund 2500 Liter Wasser benötigt.



Für die Herstellung einer Plastikflasche wird zweimal so viel Wasser benötigt, wie sie enthält.

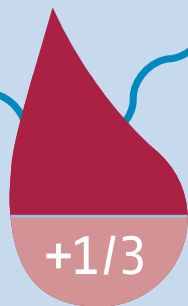


Ineffiziente Bewässerung und durch die Klimakrise steigender Bedarf: 70 % des Wassers weltweit werden in der Landwirtschaft verbraucht.



Wachsender Fleischkonsum: Für 1 kg Rindfleisch werden rund 15 500 Liter Wasser benötigt.

3 Die Klimakrise verschärft die Situation.

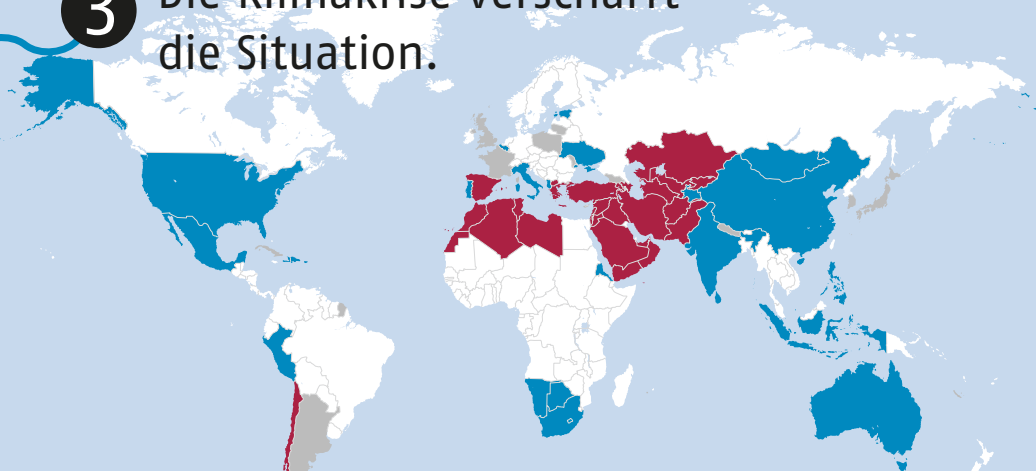


mehr Trinkwasser wird 2050 benötigt. Treiber sind unter anderem die stetig wachsende Weltbevölkerung, Wirtschaft und fortschreitende Industrialisierung von Schwellenländern.

Wassermangelprognose für 2040
(weniger Wasser in %)

- mittel bis hoch (20–40 %)
- hoch (40–80 %)
- extrem hoch (>80 %)

33 Länder werden bis 2040 voraussichtlich mit extrem hoher Wasserknappheit konfrontiert sein, wenn im gleichen Maße CO₂ emittiert wird wie bisher.

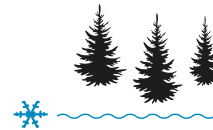


Lebenswichtiges Schmelzwasser

Schnee ist ein wichtiger Süßwasserspeicher. Wenn es in den Bergen regnet, fließt das Wasser sofort ab und versickert. Wenn es schneit, wird es hingegen gespeichert und steht im Frühjahr als Schmelzwasser zur Verfügung.

Die durch den Klimawandel ausgelöste frühere Schneeschmelze bedroht diesen wichtigen Wasserspeicher für Menschen, Tiere und Pflanzen. In einigen Regionen fällt inzwischen so wenig Schnee, dass es im Frühjahr gar keine oder nur eine geringe Schmelzwasserflut gibt. Ökosysteme und Menschen, die sich daran angepasst haben, werden dadurch bedroht.

Extreme Schneestürme werden häufiger und bedrohen Menschen, wenn Lawinen Häuser begraben und die Schmelzwassermassen zu Überflutungen und Erosion der Böden führen.

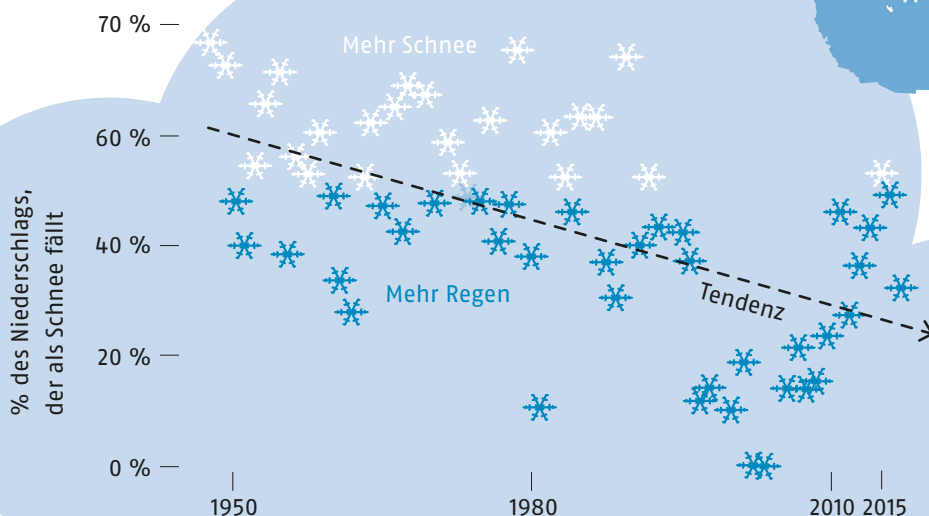


CO₂-Dominoeffekt

Schmelzwasser ist oft wichtig für Wälder. Im Wassereinzugsgebiet der Rocky Mountains haben Wissenschaftler*innen festgestellt, dass Bäume im Frühjahr weniger CO₂ aufnehmen können. Bei früherer Schneeschmelze erreicht das Schmelzwasser die Wurzeln zu früh, wenn die Bäume durch die kühlen Temperaturen quasi noch in der »Winterruhe« sind und das Wasser nicht verwerten können.

1 Mrd. Menschen sind global von Schmelzwasser abhängig.

Süßwasserspeicher Schnee



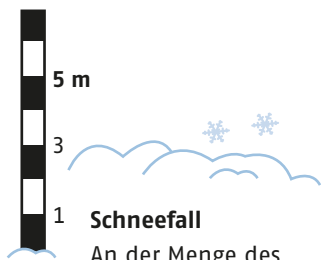
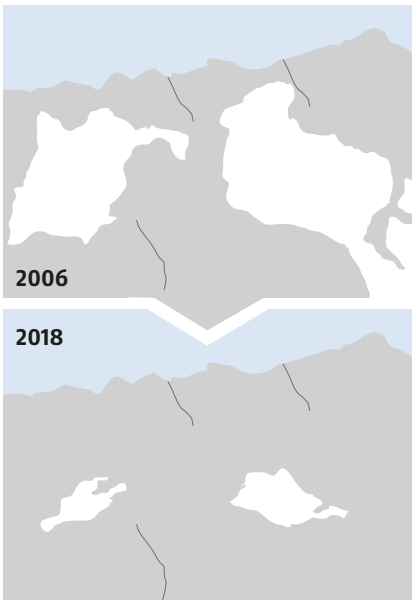
In den meisten Regionen der Nordhalbkugel fällt im Winter weniger Schnee als vor 50 Jahren. Hier dargestellt: die USA, für die es konsistente Daten seit 1950 gibt.

Bayerische Gletscher

Momentan gibt es noch 5 Gletscher in den bayerischen Alpen. In 10 Jahren könnte Deutschland bereits gletscherfrei sein.



Südlicher Schneeferner



Schneefall
An der Menge des Schneefalls mangelt es in den Bayerischen Alpen nicht, aber der Zeitraum, in dem Schnee liegen bleibt, wird kürzer.

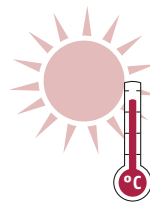


Höhenlage

Unter 3500 m gibt es heute keinen mehr-jährigen Schnee mehr in den Alpen, daher bilden sich dort auch keine neuen Eismassen.

Bis zu 30 % Schmelzwasser führen die Flüsse Iller, Isar und Inn kurzfristig durch die Schneeschmelze.

hoher Pegelstand im Frühjahr



Schmelzwasser der Gletscher als »Puffer«

niedriger Pegelstand im Sommer

Wasserverfügbarkeit

Solange große Gletschermassen existieren, liefern sie durch die Eisschmelze zusätzliches Wasser in heißen Dürreperioden, wenn die Pegelstände der Flüsse am niedrigsten sind.

Rapide Schmelze

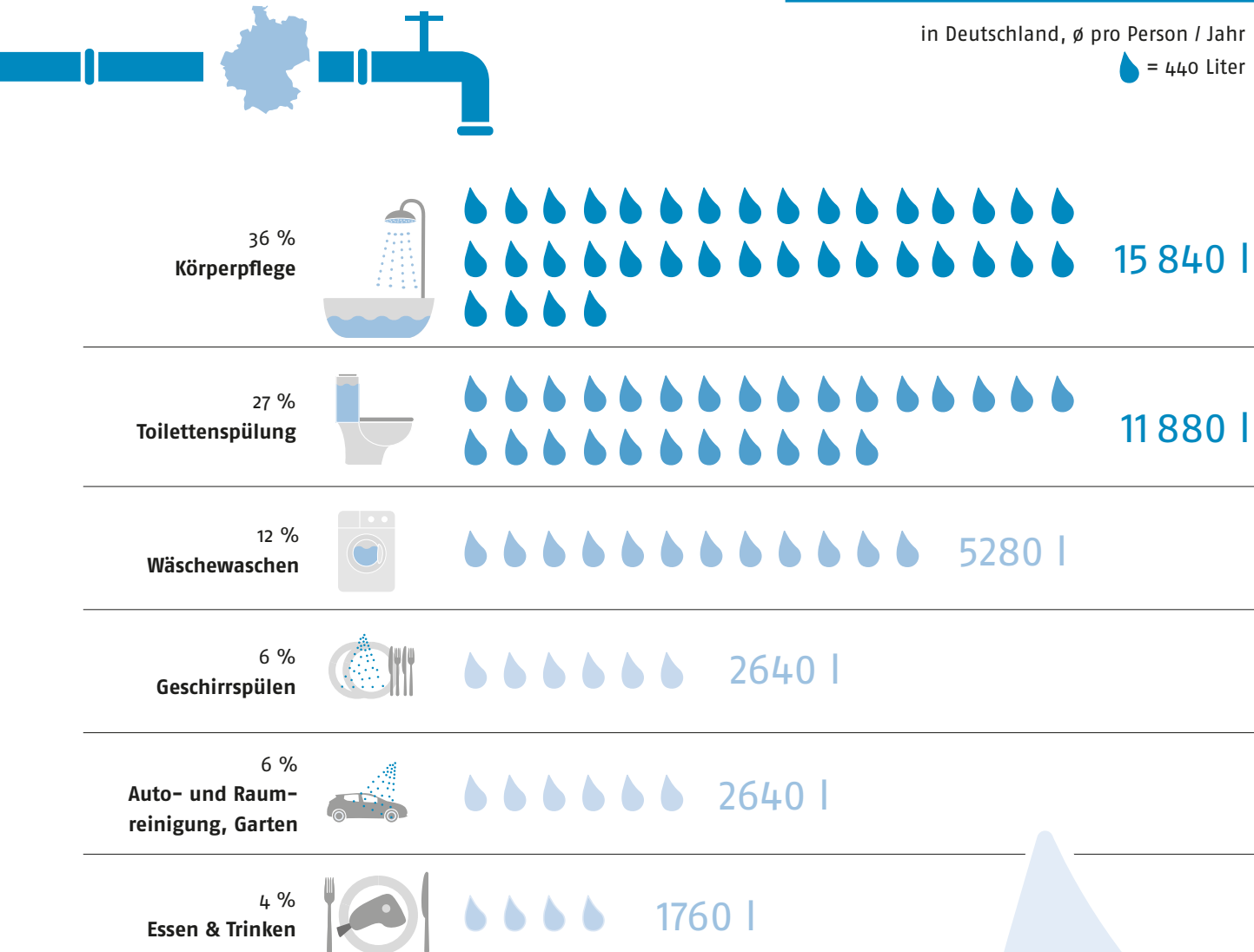
Es dauert meist nur 1 Monat im Sommer, dann ist eine bis zu 5 m dicke Schneedecke in den hohen Lagen der Alpen geschmolzen, z. B. an der Zugspitze.

Wasser direkt aus der Leitung ...

Direkter Wasserverbrauch

in Deutschland, \emptyset pro Person / Jahr

 = 440 Liter

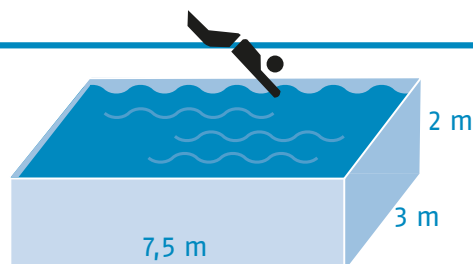


Gesamtverbrauch

44 165 Liter

\emptyset pro Person / Jahr

Das ist so viel Wasser, dass es ein kleines Schwimmbaden füllt:



= 121 Liter
pro Tag

... und indirekt konsumiertes Wasser

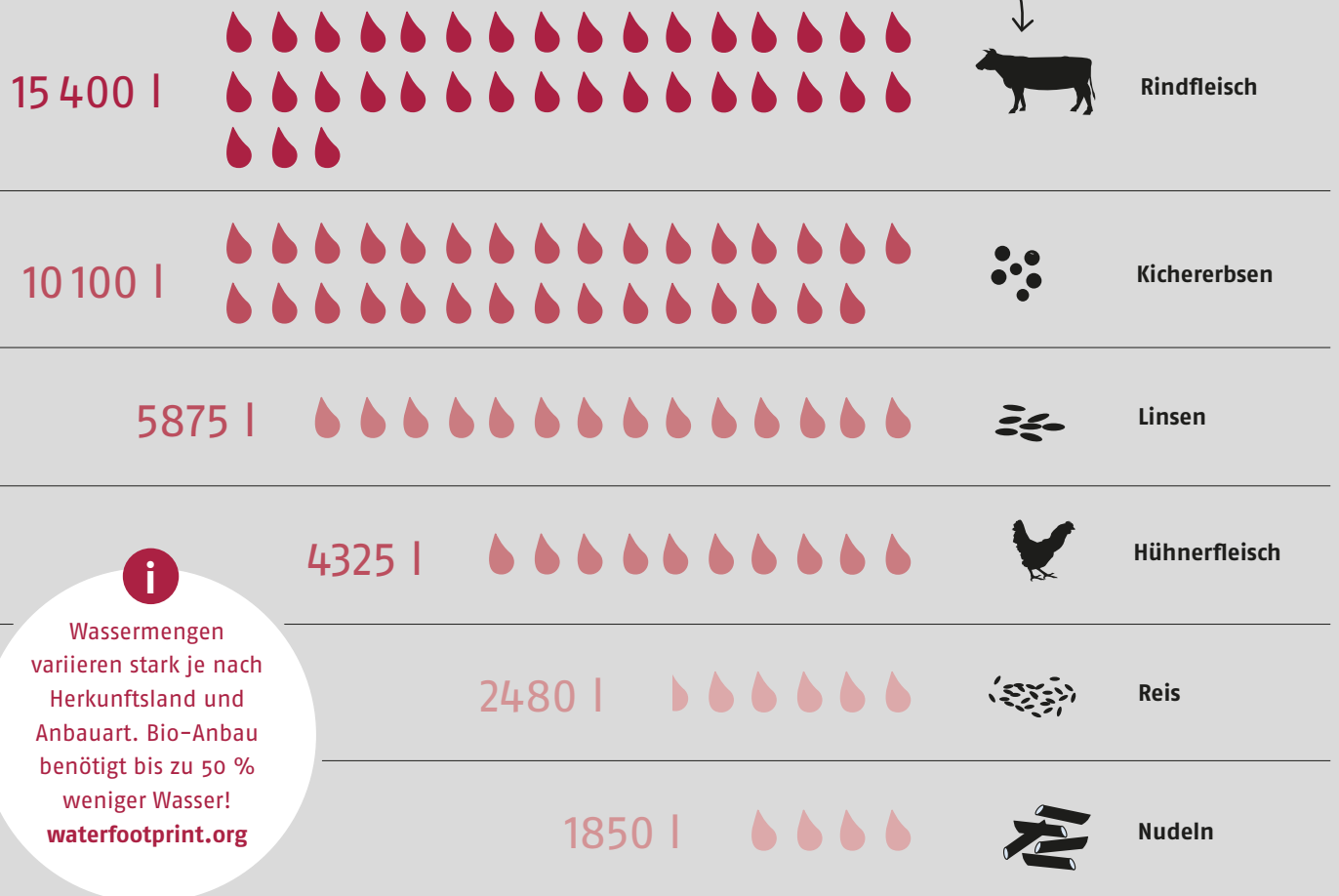
Indirekter Wasserverbrauch

für die Produktion von 1 kg (globaler ø)


 = 440 Liter

Jeden Monat 1 kg Rindfleisch konsumiert
= jährlich 184 800 l Wasser verbraucht

Je 1 kg
(konventionelle Landwirtschaft)



i
Wassermengen variieren stark je nach Herkunftsland und Anbauart. Bio-Anbau benötigt bis zu 50 % weniger Wasser!
waterfootprint.org

  **1 l Kuhmilch**
940 l



  **1 l Hafermilch**
14 l




  **1 l Wein**
436 l

  **1 l Bier**
296 l

    **Avocados**
1000 l

    **Kartoffeln**
287 l

   **Äpfel**
822 l

   **Bananen**
790 l

Flüsse voller Abfall

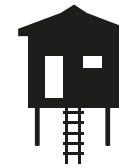
Der Straßenabrieb von Reifen auf Asphalt wird in Europa auf bis zu 700 000 Tonnen Mikroplastik pro Jahr geschätzt.



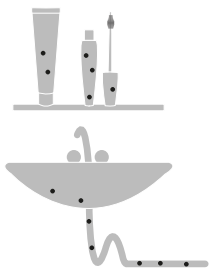
Einige große Städte leiten ihre Abwässer nahezu unbehandelt ins Meer, darunter zum Beispiel Athen, Barcelona, Brighton und Cork.



Schwellen- und Entwicklungsländer



In Indien werden ca. 80 % der gesamten Abwässer ungereinigt in die Flüsse geleitet. **80%**



Geschätzte 500 Tonnen Mikropartikel aus Polyethylen werden pro Jahr in Deutschland in Kosmetikprodukten verwendet und können in Kläranlagen nicht herausgefiltert werden.



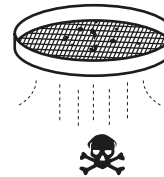
Durch das Waschen gelöste Chemiefasern z. B. aus Polyester und Fleece werden in Deutschland auf jährlich bis zu 400 Tonnen geschätzt.



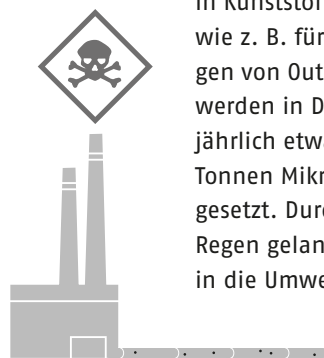
Abfall wird auf illegalen Müllhalden entsorgt, von dort gelangt ein Großteil durch heftige Regenfälle oder Überschwemmungen in die Flusssysteme.



In Kunststoffwachsen wie z. B. für Beschichtungen von Outdoorbekleidung werden in Deutschland jährlich etwa 100 000 Tonnen Mikropartikel eingesetzt. Durch Abrieb und Regen gelangen diese in die Umwelt.



Durch illegales Goldschürfen gelangen giftige Chemikalien wie das Nervengift Quecksilber in die Flüsse Asiens, Afrikas und Lateinamerikas.



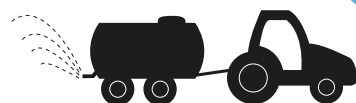
Europaweit gehen jährlich geschätzte 570 000 Tonnen Mikroplastikpellets aus der Industrie bei Unfällen verloren und gelangen beispielsweise durch die geklärten Abwässer von Fabriken über Flüsse in die Ozeane.



Beim Färben von Stoffen etwa werden bis zu 7000 verschiedene Chemikalien verwendet.



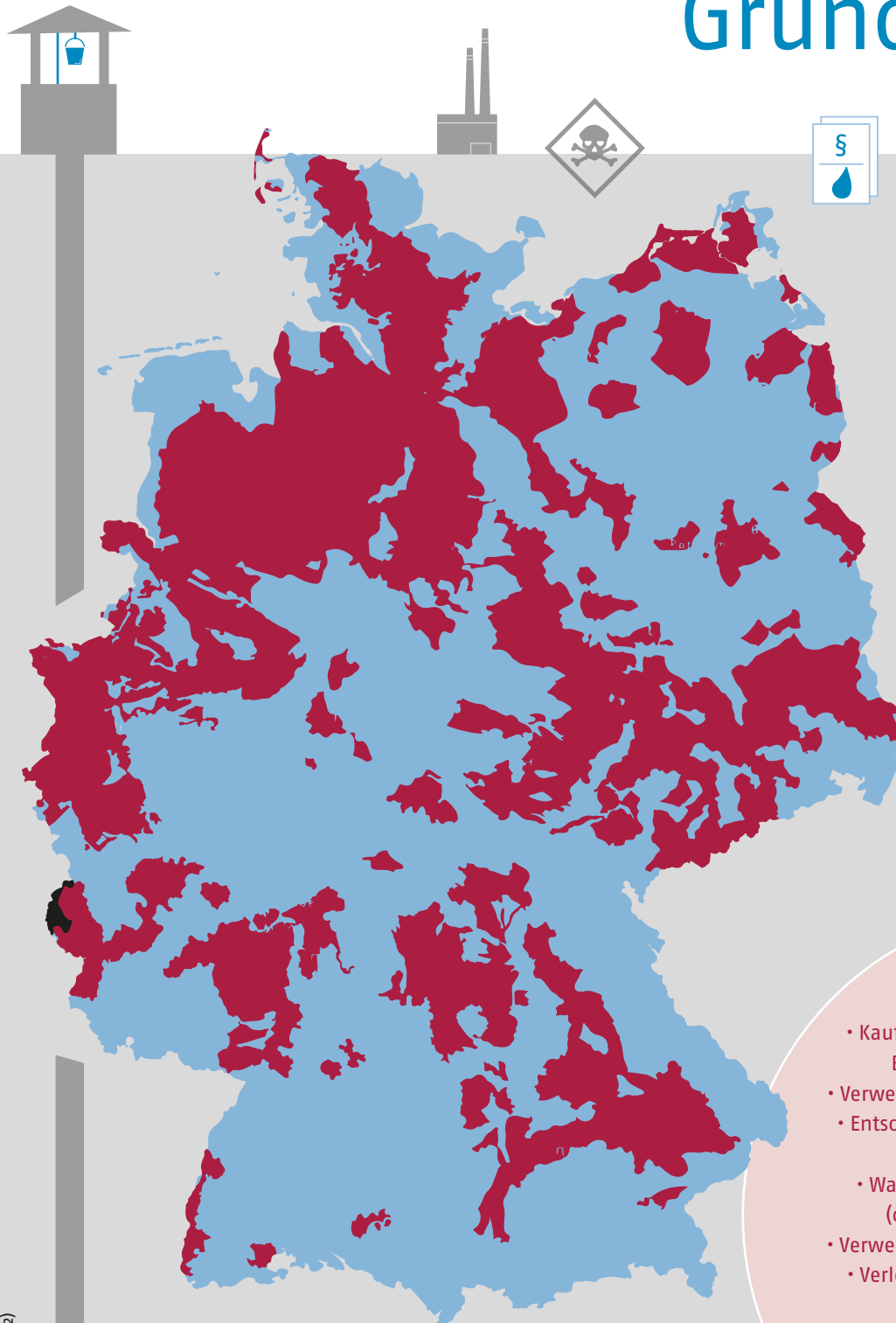
Düngemittel aus der Landwirtschaft führen in den Küstenbereichen, vor allem nahe Flussdeltas, zur Überdüngung der Meere und zu Sauerstoffminimumzonen.



Meere

9–14 Mio. Tonnen Plastik landen jährlich in den Meeren, 2040 könnten es bereits 23–37 Mio. Tonnen sein.

Schmutziges Grundwasser



Analysen des Umweltbundesamtes an über 7000 Messstellen in Deutschland zeigen: Ein Drittel des Grundwassers in Deutschland ist mit Schadstoffen belastet. Damit es Trinkwasserqualität erhält, muss es teuer aufgearbeitet und gefiltert werden.

Gründe sind vor allem ein zu hoher Nitrat- und Pflanzenschutzmitteleintrag durch die industrielle landwirtschaftliche Nutzung.

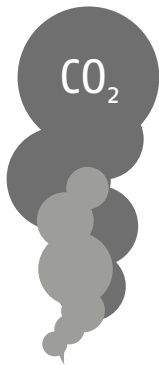


Schütze das Grundwasser!

- Kauf Bioprodukte (für schadstofffreie Böden in der Landwirtschaft).
- Verwende Biodünger im eigenen Garten.
- Entsorge Lacke, Batterien und Medikamente ordnungsgemäß.
- Wasche Autos nur in Waschstraßen (dort wird das Wasser recycelt).
- Verwende im Winter Sand statt Streusalz.
- Verlege wasserdurchlässiges Material auf Wegen und Terrassen.
- Nutze eine Regenwasserzisterne.
- Bewässere den Garten nur morgens oder abends.
- Spare Wasser im Haushalt.

Chemischer Zustand des Grundwassers ■ gut ■ schlecht ■ nicht bewertet

Prioritäten in der globalen Wasserkrise



CO₂-Emissionen reduzieren 1

Die Treibhausgasemissionen müssen laut Weltklimarat bis 2030 halbiert werden (im Vergleich zum Jahr 2010), und bis 2050 muss weltweit klimaneutral gewirtschaftet und gelebt werden, um die Erwärmung unter 1,5 Grad zu halten.

Wasserschutz weiterentwickeln 2

Die Erforschung neuer, wassersparender Technologien sollte vorangetrieben werden mit dem Ziel, den Wasserverbrauch in Industrie und Haushalt zu reduzieren.



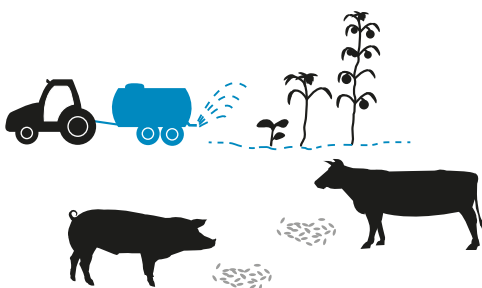
Meer- & Abwasser nutzen 3

Das Recycling von Abwasser wird z. B. in Singapur bereits erfolgreich umgesetzt. Energieeffizientere und kostengünstigere Entsalzungsanlagen müssen entwickelt werden.



Effizienter bewässern 4

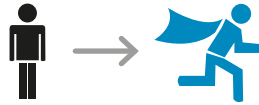
Effizientere Bewässerung kann die Nahrungsmittelsicherheit erhöhen, Flüsse vor zu niedrigem Wasserstand und Kleinbauern vor Missernten bewahren.



Staatenübergreifende Kooperationen intensivieren

mit dem Ziel, das Recht auf Wasser und eine lebenswerte Zukunft für nachfolgende Generationen zu sichern

10 Konsum verändern



... werde ein Wasserheld!
Mehr dazu ab S. 92

9 Wasser wertschätzen

Der Preis des Wassers muss angemessen hoch sein, um Verschwendung und Verunreinigung entgegenzuwirken. Dabei dürfen die Menschenrechte nicht verletzt werden.



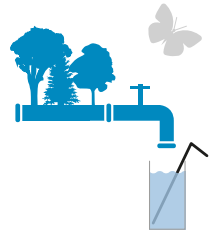
8 Ökologisch landwirtschaften

Weg von Pestiziden, Biodiversitätsverlust und industrieller Monokultur, zurück zur biologischen Landwirtschaft und Vielfalt, denn gesunde Böden mit hohem Humusanteil sind wertvolle Wasserspeicher.



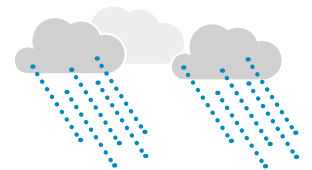
7 Vermehrt renaturieren

Die Ökosysteme als Ganzes sehen, denn sie sind eng vernetzt: Schutz von Mooren, Wäldern, Flussläufen und ihrer Artenvielfalt ist zugleich Boden-, Erosions-, Wasser- und Klimaschutz.



6 Wasserernte verbessern

Weiterentwicklung von Technologien, um Wasser aus der Luft zu »ernten« und Niederschlag aufzufangen. Für Länder wie Indien und Pakistan ist dies bereits zur wichtigen Klimaanpassungsstrategie geworden.



5 Wassernutzung & -schutz

Der Wasserverbrauch u. a. multinationaler Konzerne, die im globalen Süden produzieren, muss stärker reguliert, höher bepreist und versteuert werden, damit gewährleistet ist, dass genügend sauberes Trinkwasser für die Bevölkerung zur Verfügung steht. Die Verunreinigung von Wasser muss stärker bestraft und geahndet werden.



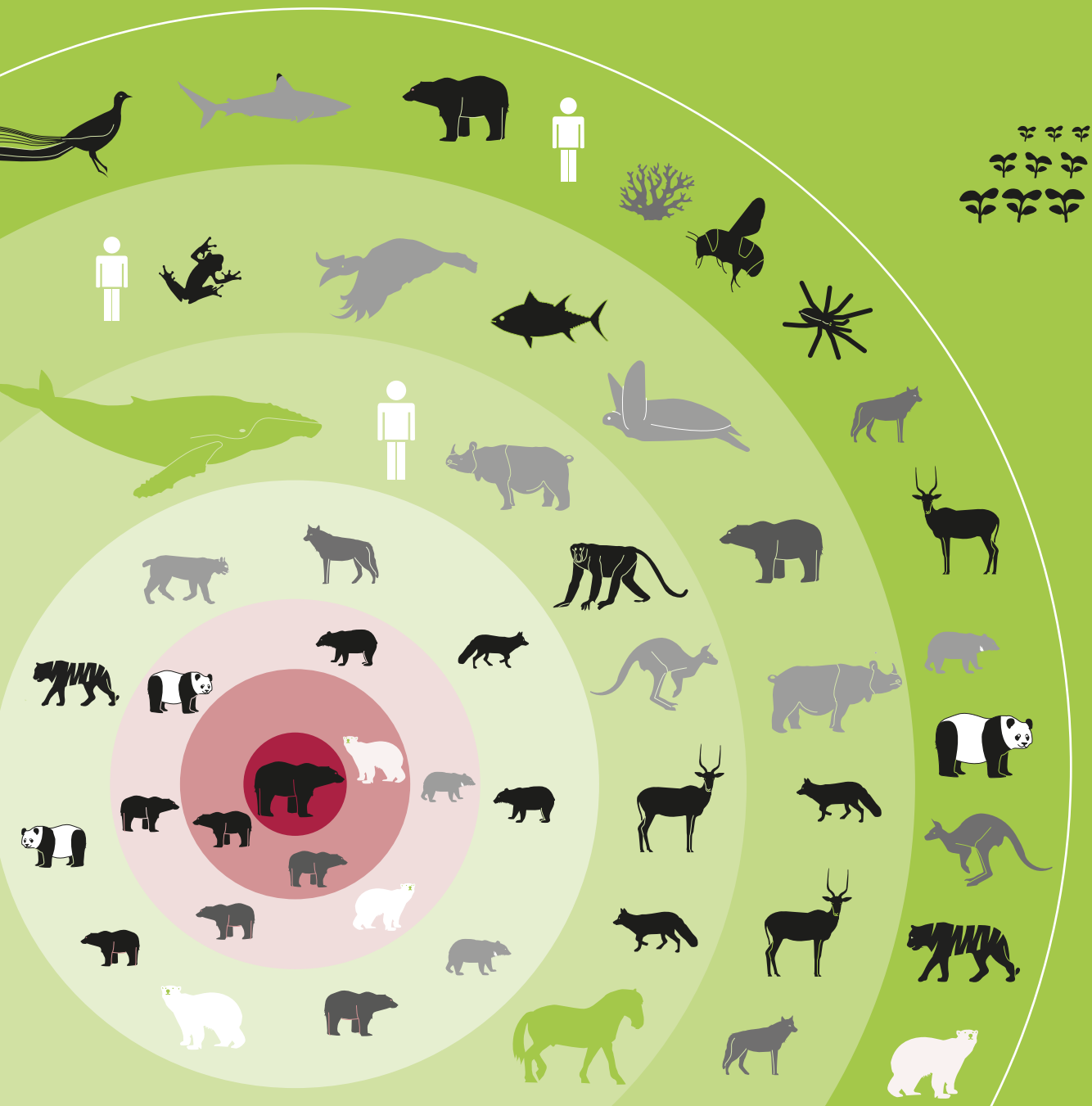
Bildungsarbeit ausweiten

Motivation zu neuen Verhaltensweisen, z. B. beim Konsum und Lebensstil, und Anpassungsstrategien in der Klima- und Wasserkrise lehren.



DIE BIOSPHÄRE

Böden, Pflanzen & Tiere





Bio | sphä | re

[altgriechisch bios = Leben
& sphaïra = (Erd-)Kugel]

Die Biosphäre ist der lebende Teil unserer Erde: Pflanzen, Tiere und auch Menschen.

Sie umfasst alle Lebensräume von Wäldern, Steppen, Wüsten, Eiswelten über Böden und Meere bis hoch zur untersten Schicht der Luft.



Böden

Ökosysteme im Untergrund

Im Boden wimmelt es von Leben.



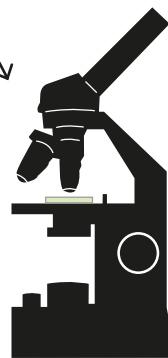
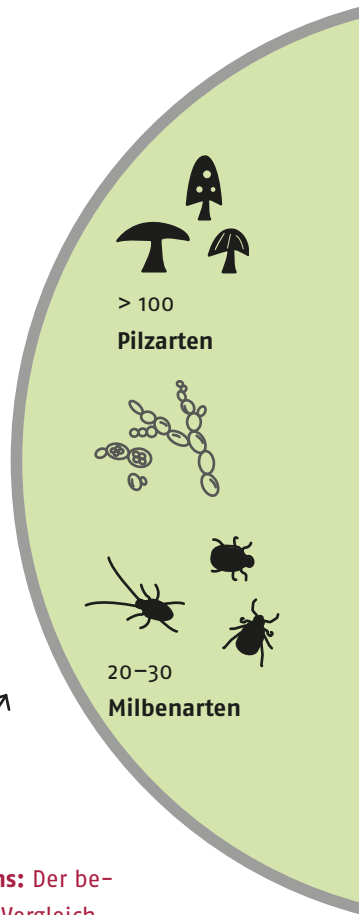
Böden beherbergen ein Viertel der Artenvielfalt des Planeten. Intakte Böden sind ein unverzichtbarer Lebensraum und eine begrenzte Ressource: Einmal degradiert und erodiert, kann es Jahrhunderte oder –tausende dauern, bis ein Boden wieder ein ähnlich reiches Bodenleben aufweist.

Die Vielfalt zu bewahren und Böden zu schützen ist nicht nur für Flora, Fauna und Klima wichtig, sondern auch für die Grundbedürfnisse von uns Menschen: Die Sicherheit der Ernährung steht dabei auf dem Spiel.

Die EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 plädiert für »mehr Raum für die Natur in unserem Leben«. In der Klimakrise stellen der Schutz, die ökologische Nutzung und die Renaturierung von Böden eine kraftvolle naturbasierte Lösung dar.

Typisches Bodenleben

Was einen »intakten« Boden ausmacht, ist seine Biodiversität. Erst durch ein komplexes symbiotisches Verhältnis vieler Arten wird der Boden angereichert mit Nährstoffen, gut durchlüftet, lebendig, feucht und fruchtbar.



Unter dem Mikroskop kann man Milliarden von Organismen im Boden finden. Die größte Anzahl haben dabei Bakterien.

Übrigens: Der bekannte Vergleich, dass sich »so viele Organismen auf einem Teelöffel gesunder Erde finden wie Menschen auf der Erde«, war um 1950 korrekt, heute bräuchte man eher eine Handvoll.

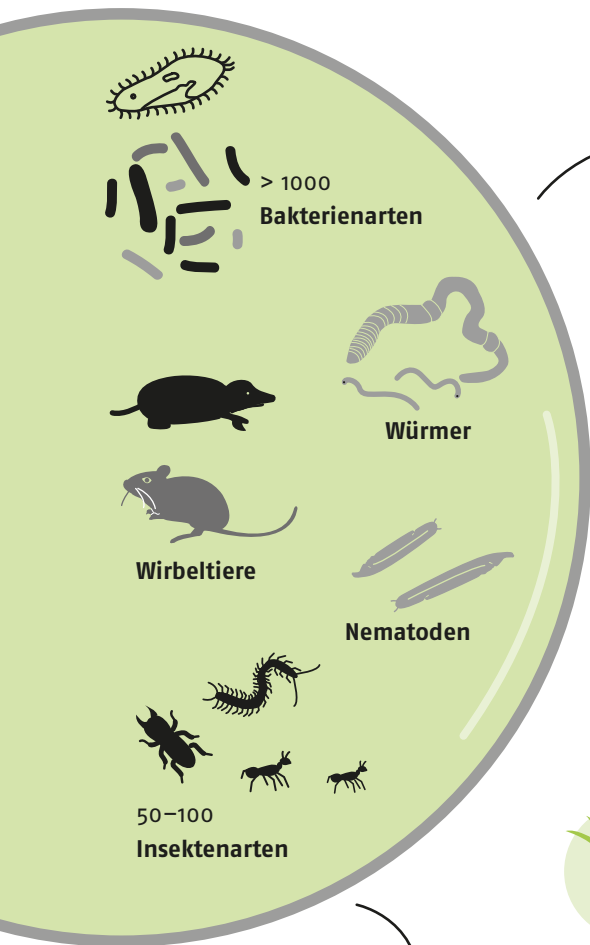


Rette die Böden!

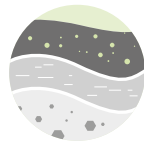
Stöbere in Infos zum Bodenschutz, Lehrmaterial, Publikationen, Grafiken, Filmen, Ausstellungen und weltweiten Initiativen:

www.grund-zum-leben.de





Bodenorganismen haben wichtige Funktionen im Ökosystem: Sie



sorgen für eine gute Bodenstruktur und Belüftung



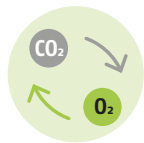
tauschen Nährstoffe aus



regulieren den Wassergehalt des Bodens



befreien die Böden von Schadstoffen



tauschen Gase aus und speichern Kohlenstoff



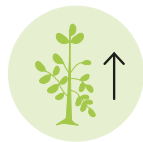
kompostieren Pflanzenreste



liefern Arznei- und Nahrungsmittel



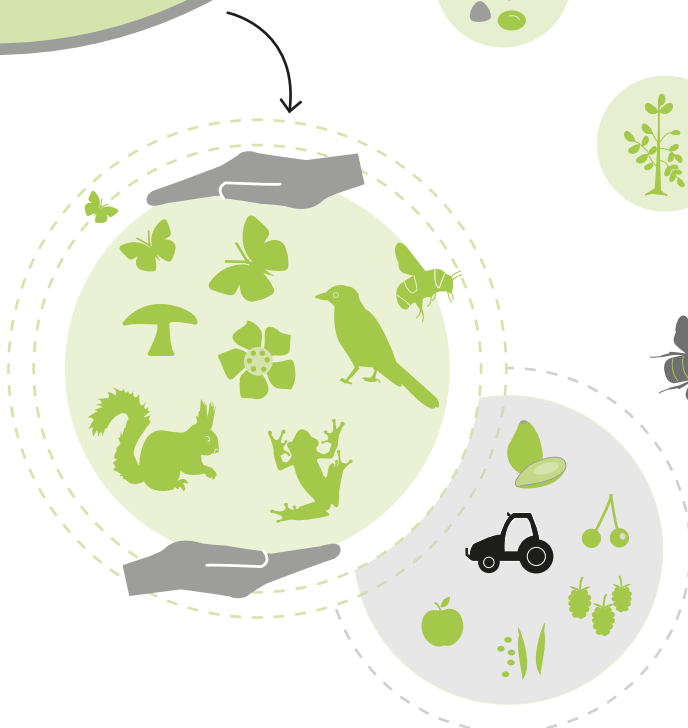
gehen symbiotische Verbindungen mit Wurzeln ein



regulieren das Pflanzenwachstum



kämpfen gegen Parasiten und Krankheiten



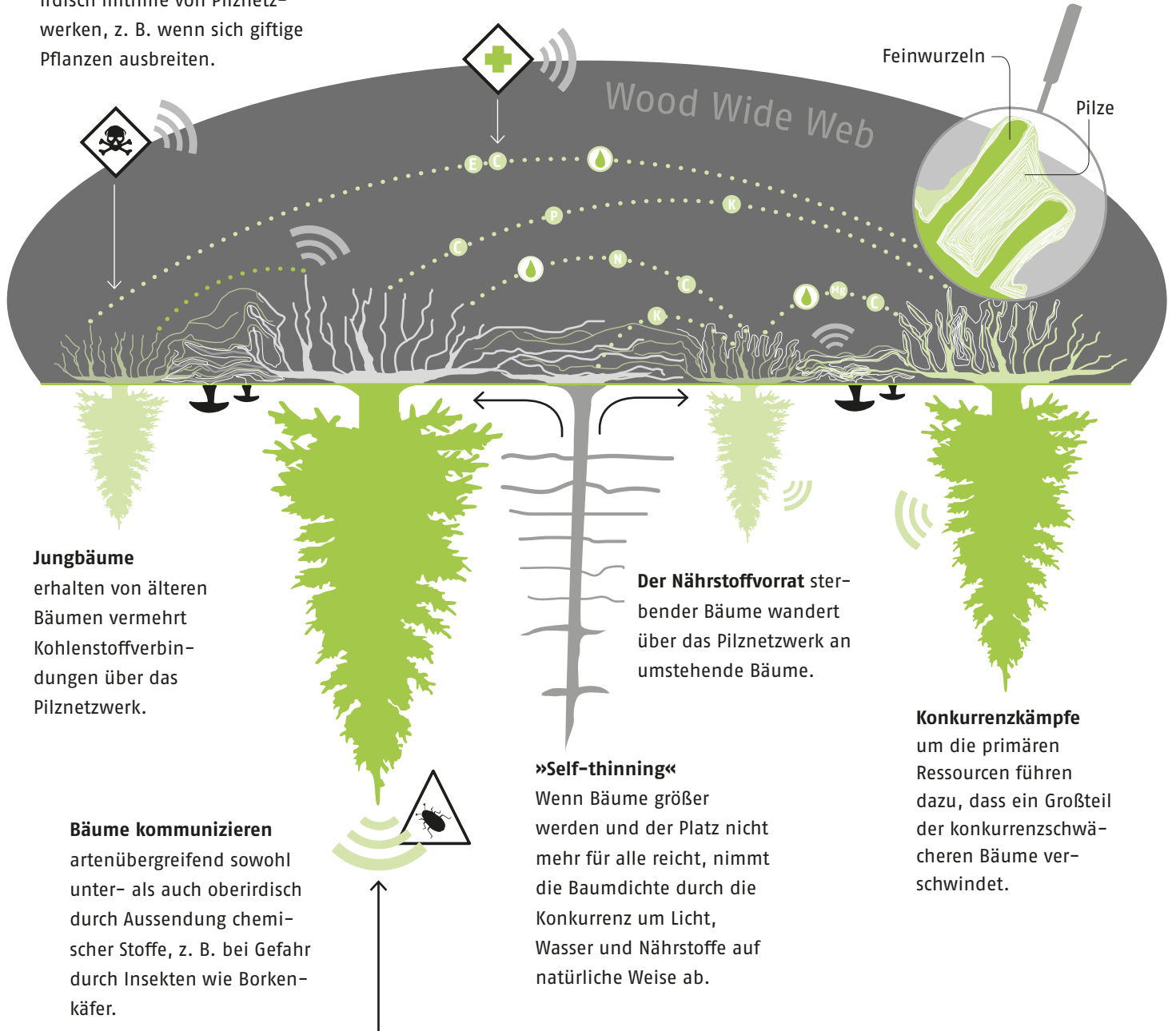
Artenvielfalt im Boden erhöht die Vielfalt über dem Boden und ist essenziell für unsere Landwirtschaft.

Kommunikation im Waldboden

Bäume warnen sich unterirdisch mithilfe von Pilznetzwerken, z. B. wenn sich giftige Pflanzen ausbreiten.

Wenn ein Baum erkrankt, bezieht er über das Netzwerk überlebenswichtige Enzyme und Nährstoffe von anderen Bäumen.

Verschiedene Pilzarten umweben die Feinwurzeln der Bäume und können sich kilometerweit ausbreiten.



Jungbäume erhalten von älteren Bäumen vermehrt Kohlenstoffverbindungen über das Pilznetzwerk.

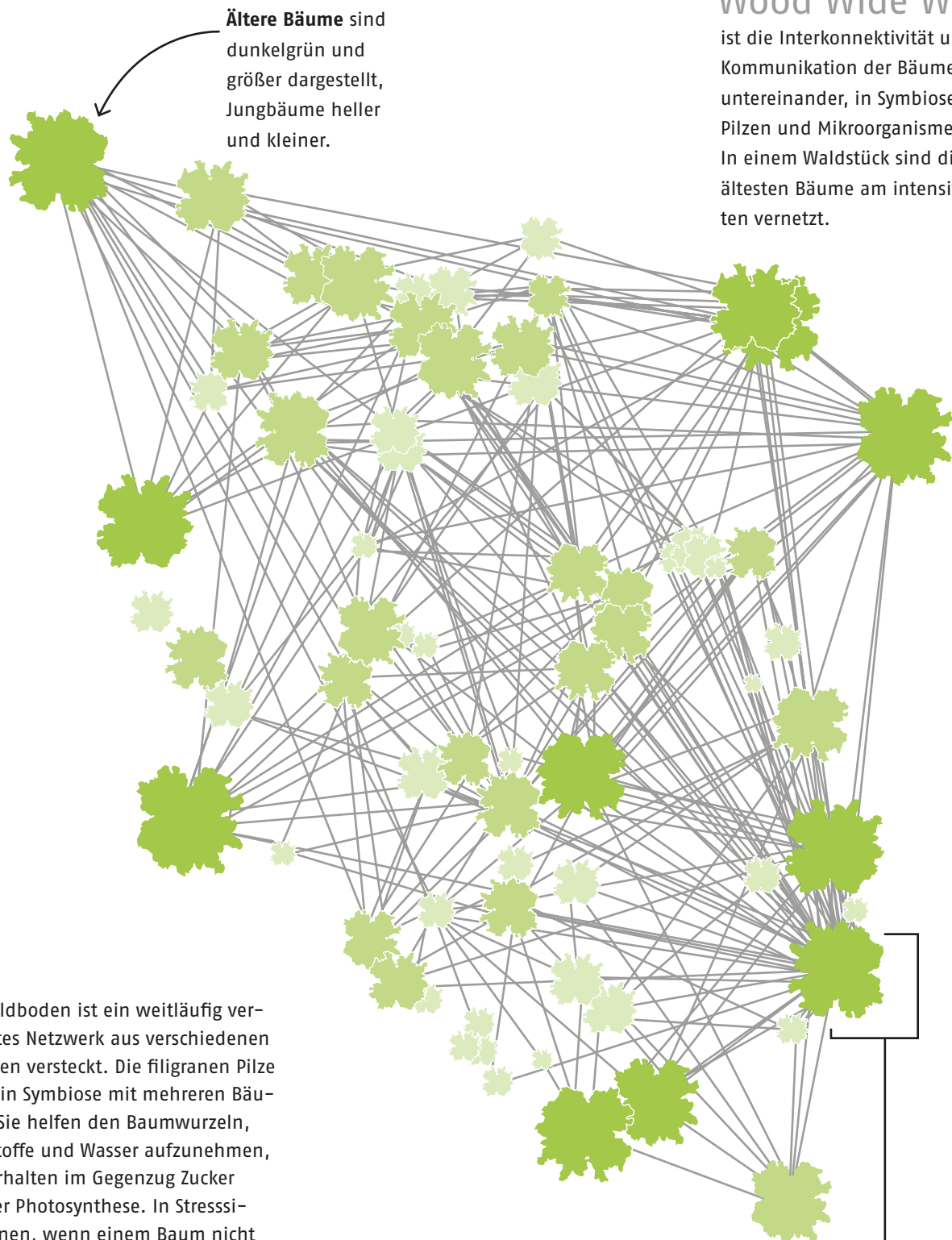
Der Nährstoffvorrat sterbender Bäume wandert über das Pilznetzwerk an umstehende Bäume.

Konkurrenz-kämpfe um die primären Ressourcen führen dazu, dass ein Großteil der konkurrenzschwächeren Bäume verschwindet.

»Self-thinning«
Wenn Bäume größer werden und der Platz nicht mehr für alle reicht, nimmt die Baumdichte durch die Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe auf natürliche Weise ab.

Bäume kommunizieren artenübergreifend sowohl unter- als auch oberirdisch durch Aussendung chemischer Stoffe, z. B. bei Gefahr durch Insekten wie Borkenkäfer.

● Wasser
 ● N Stickstoff
 ● P Phosphor
 ● K Kalium
 ● E Enzyme
 ● C Kohlenstoff



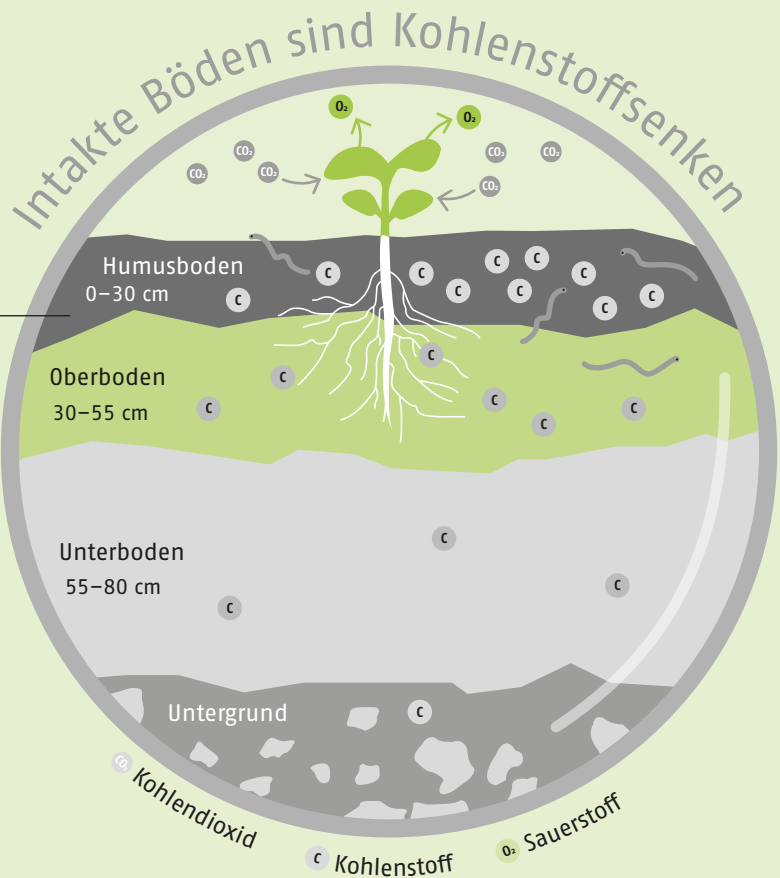
Wood Wide Web

ist die Interkonnektivität und Kommunikation der Bäume untereinander, in Symbiose mit Pilzen und Mikroorganismen. In einem Waldstück sind die ältesten Bäume am intensivsten vernetzt.

Im Waldboden ist ein weitläufig verzweigtes Netzwerk aus verschiedenen Pilzarten versteckt. Die filigranen Pilze leben in Symbiose mit mehreren Bäumen. Sie helfen den Baumwurzeln, Nährstoffe und Wasser aufzunehmen, und erhalten im Gegenzug Zucker aus der Photosynthese. In Stresssituationen, wenn einem Baum nicht genügend Wasser oder Nährstoffe zur Verfügung stehen, wird dies durch das Pilznetzwerk signalisiert, und Stoffe werden ausgetauscht.

Kohlenstoff-speicher ...

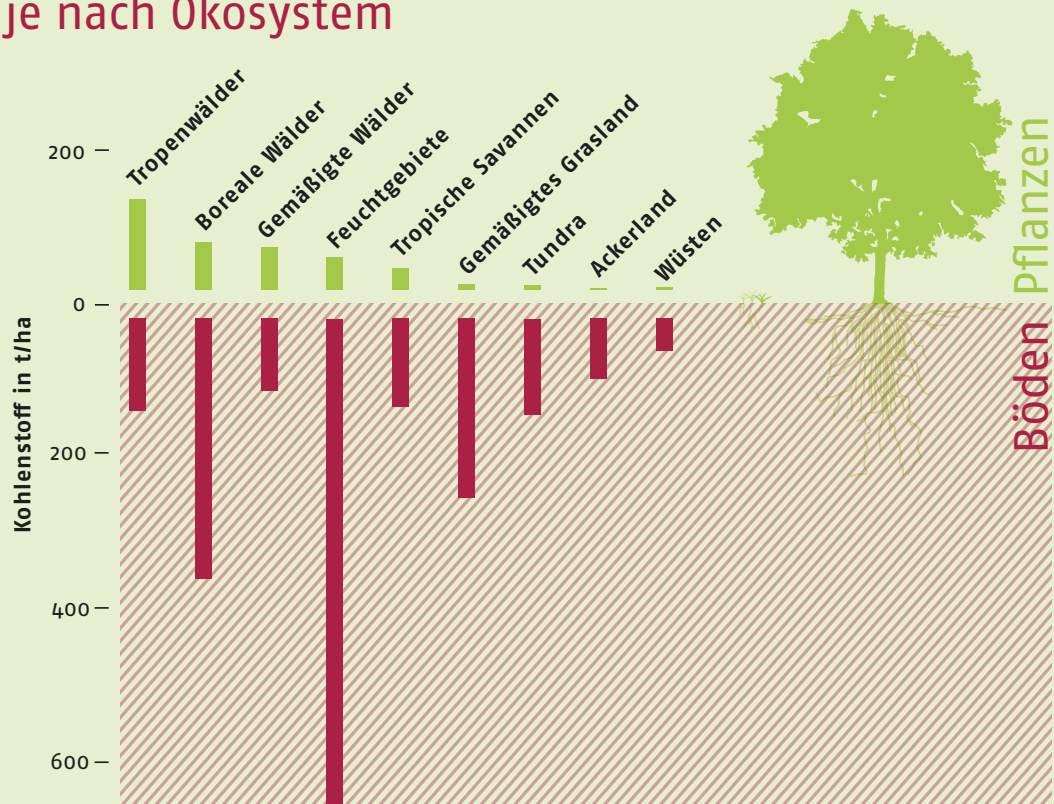
In der Humusschicht ist der größte Teil des organischen Kohlenstoffs gebunden. Dorthin gelangt er zum einen über die Wurzeln der Pflanzen, die ihn über die Blätter aufgenommen haben, zum anderen durch verrottende Blätter und andere organische Verwesungsprozesse.



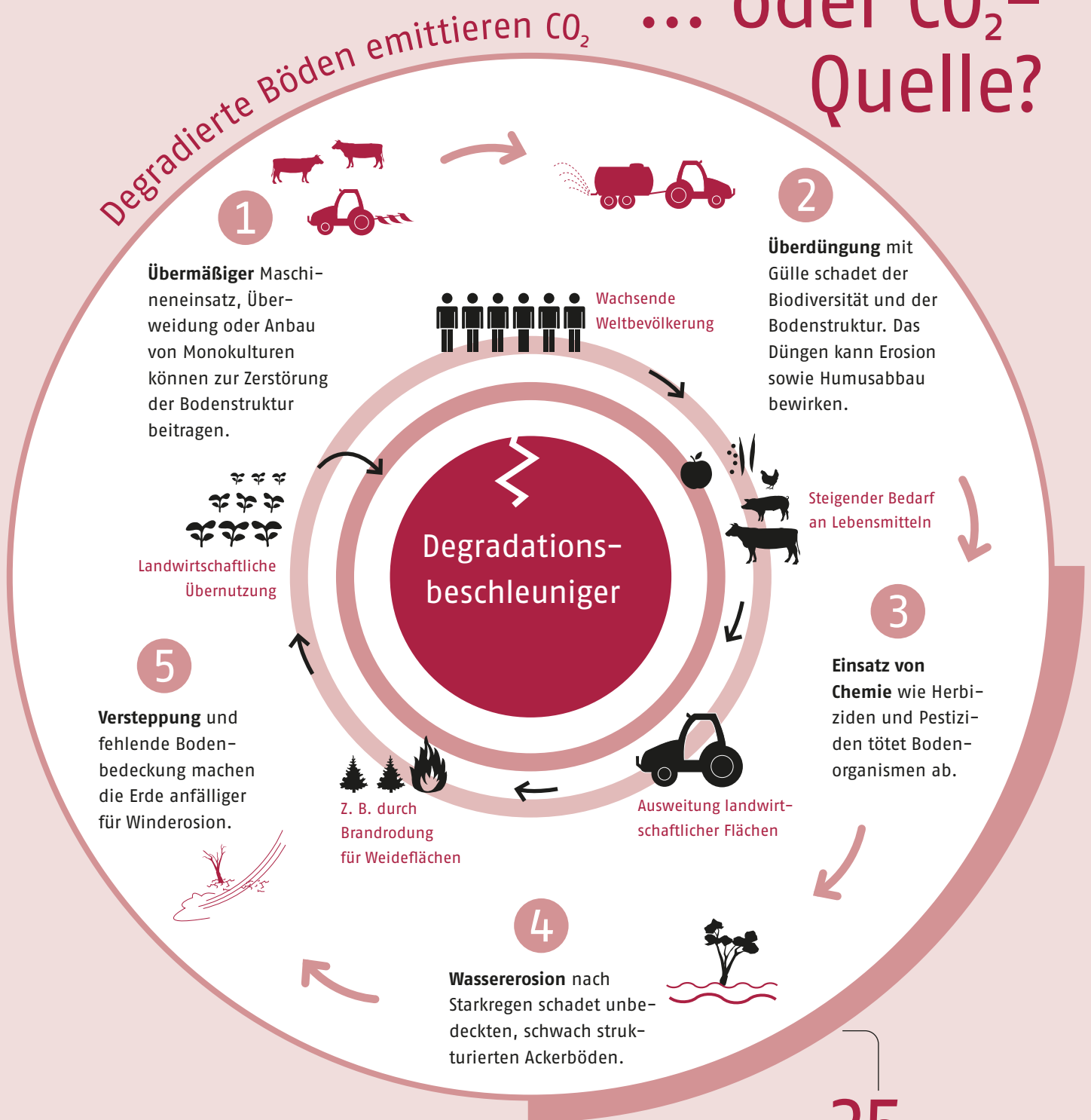
Kohlenstoffspeicherung je nach Ökosystem

Böden sind nach den Ozeanen die zweitgrößten Kohlenstoffsinken. In ihnen ist mehr CO₂ gebunden als in der gesamten Vegetation.

Der Spitzenreiter sind Feuchtgebiete wie Moore, danach folgen die borealen Waldböden, aber auch Grasland speichert viel Kohlenstoff im Boden.



... oder CO₂-Quelle?



Degradierte Böden setzen im Gegensatz zu intakten Böden CO₂ frei, sind oft trockener, weniger fruchtbar und enthalten weniger Nährstoffe. Ein Drittel aller Agrarflächen ist von Bodendegradation betroffen, das heißt, ihre Ökosystemfunktionen sind eingeschränkt, bis hin zum vollständigen Verlust.

Die Industrialisierung der Landwirtschaft ist weltweit für geschätzte

25–30 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich.

Sanftere und ökologische Bewirtschaftungsmethoden können den Boden regenerieren und den Kohlenstoffgehalt erhöhen, z. B. durch eingeschränktes Pflügen, Erosionsschutz, Gründüngung, Kompost und Dung. Permakultur statt Monokultur fördert dies, wie in der Agroforstwirtschaft (s. S. 196).

25 %
der Böden
weltweit sind
degradiert.

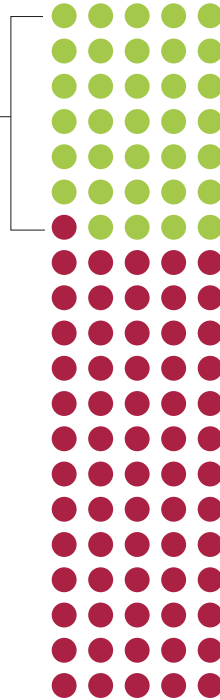
Unterschätzte Böden: Grasland



der bewachsenen Landflächen der Erde* sind Grasland: 52,5 Mio. km².

*ohne Grönland & Antarktis

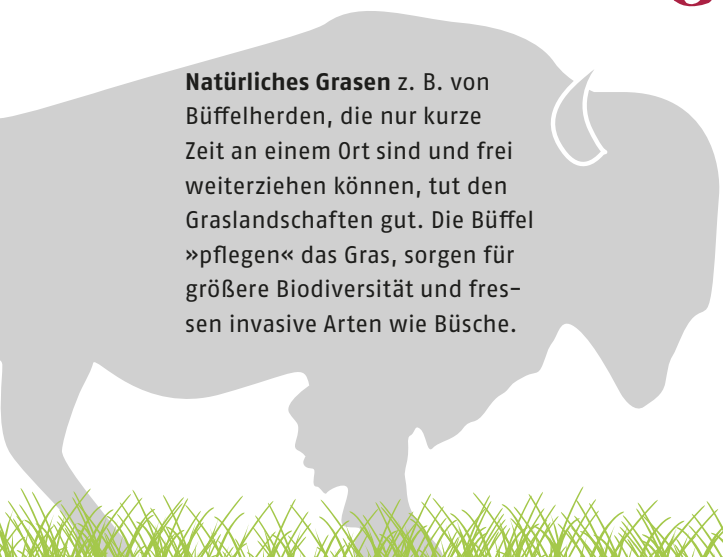
34 %
des weltweit gespeicherten Kohlenstoffs sind in Graslandschaften gespeichert, davon ca. 90 % im Boden.



1 Mrd. Menschen weltweit erwirtschaften einen Teil ihres Einkommens durch Grasland.



Feuer
ist ein natürlicher Bestandteil von Graslandschaften und führt zu schnellerem Wachstum im Frühjahr.



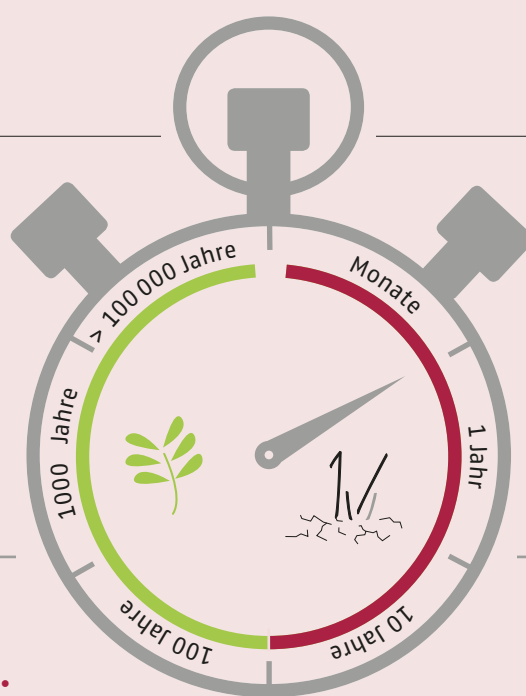
Natürliches Gras z. B. von Büffelherden, die nur kurze Zeit an einem Ort sind und frei weiterziehen können, tut den Graslandschaften gut. Die Büffel »pflegen« das Gras, sorgen für größere Biodiversität und fressen invasive Arten wie Büsche.

Präriegraswurzeln sind über 2 m lang und wachsen sehr dicht, sie strukturieren den Boden und schützen vor Erosion.

Die Wurzeltiefe einer Weizenpflanze beträgt nur 30 cm bis zu 1 m.

Wiederherstellung des Urzustands

Jahrhunderte bis hin zu
»nicht wiederherstellbar«



Zerstörung und Degradation

Je nach Art: Monate bis
Jahrzehnte

Wie Grasland rapide zerstört wird:



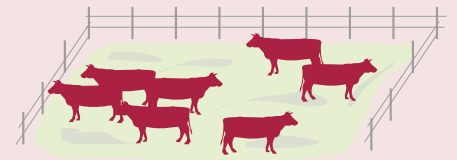
Intensives Pflügen
und Nutzung von Pestiziden
und Schadstoffen



**Konvertierung zur
Monokultur**
oder Aufforstung



Rohstoffabbau
großflächiger Tagebau,
z. B. Kohle oder Kupfer



Überweidung
verdichtet die Böden
und erodiert sie.

Wie Grasland nachhaltig genutzt wird:



Bodenstruktur erhalten
durch geringes bzw. kein
Pflügen sowie Anbau
in Permakultur



Biodiversität erhöhen
durch das Säen von
Leguminosen*,
nebenbei wird der
Boden stickstoffhaltiger.



pH-Wert regulieren
mit Kalk, damit die
Böden nicht versauern und
unproduktiv werden



Humusaufbau fördern
z. B. mit Gründüngung
durch Recycling von
Maispflanzenresten o. Ä.



**Gemäßigte, ökologische
Nutzung** von Weiden: weniger
Tiere pro Weide und rotierende
Nutzung über mehrere Weiden
verteilt, sodass sich das Gras
und der Boden erholen können.
Zudem werden Leguminosen und
Kräuter gesät, die positiv zur
Biodiversität, zur Wurzelstruktur
und zum Bodenleben beitragen.



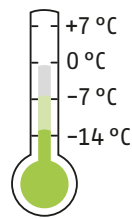
* dazu zählen: Klee, Luzerne, Bohnen uvm.

Gefrorene Böden: Permafrost

Mind.

2 Jahre

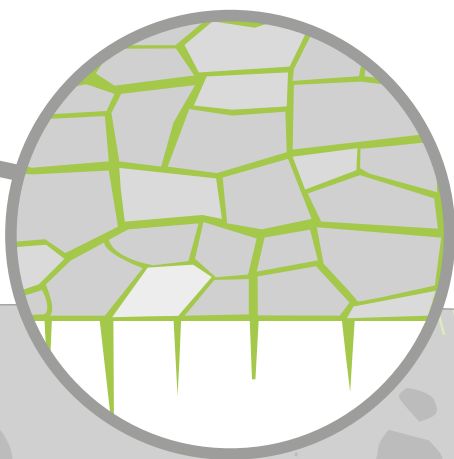
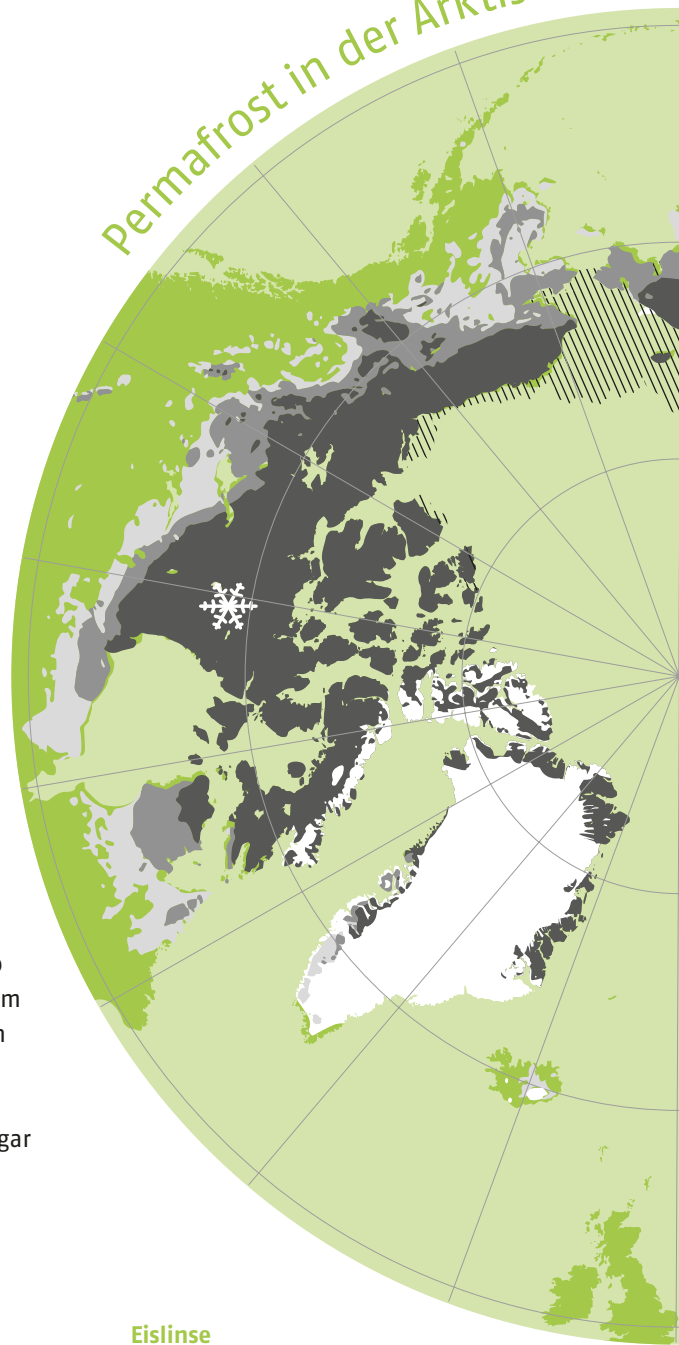
in Folge muss ein Boden ganzjährig gefroren sein (mit Ausnahme der Auftauschicht), damit er als »Permafrost« bezeichnet wird.



Temperaturen

Permafrost entsteht erst ab 0 Grad. Die Temperaturen im gefrorenen Boden variieren regional, typischerweise zwischen 0 und -14 Grad. In der Antarktis wurden sogar bis zu -36 Grad gemessen.

Permafrost in der Arktis



Gemusterte Oberfläche

Wenn die Böden im Sommer an der Oberfläche tauen und im Winter wieder gefrieren, entstehen durch den Gefrierprozess 2–50 m große polygone (eckige) oder kreisrunde Muster an der Oberfläche.

Eiskeil

Eislins

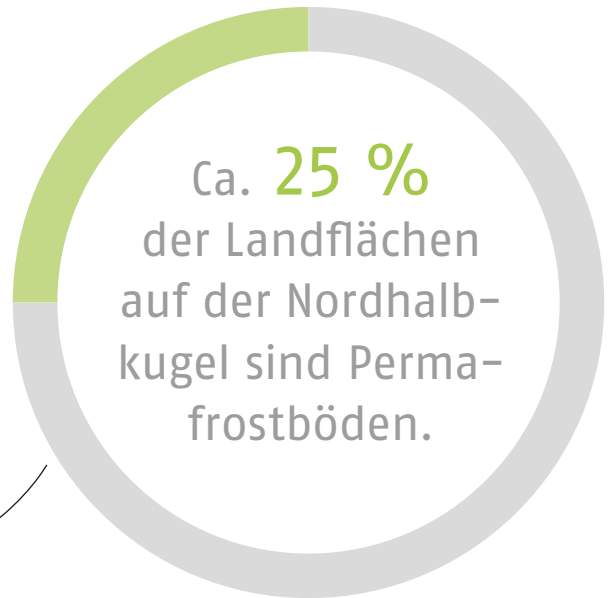
Eisansammlung

Eingeschlossenes Eis

Durch die Gefrier- und Auftauprozesse an der Oberfläche entstehen Spalten und Risse. Im Sommer füllen sich die Spalten mit Wasser, im Winter werden sie zu Eiskeilen. Zudem entstehen ovale Eislinsen, die den Boden anheben, und flächige Eisansammlungen im gefrorenen Boden.

Permafrost

- überall gefroren (>90%)
- 50–90% des Untergrundes gefroren
- 10–50% des Untergrundes gefroren
- ▨ submariner Permafrost
- mehrjährige Eisflächen

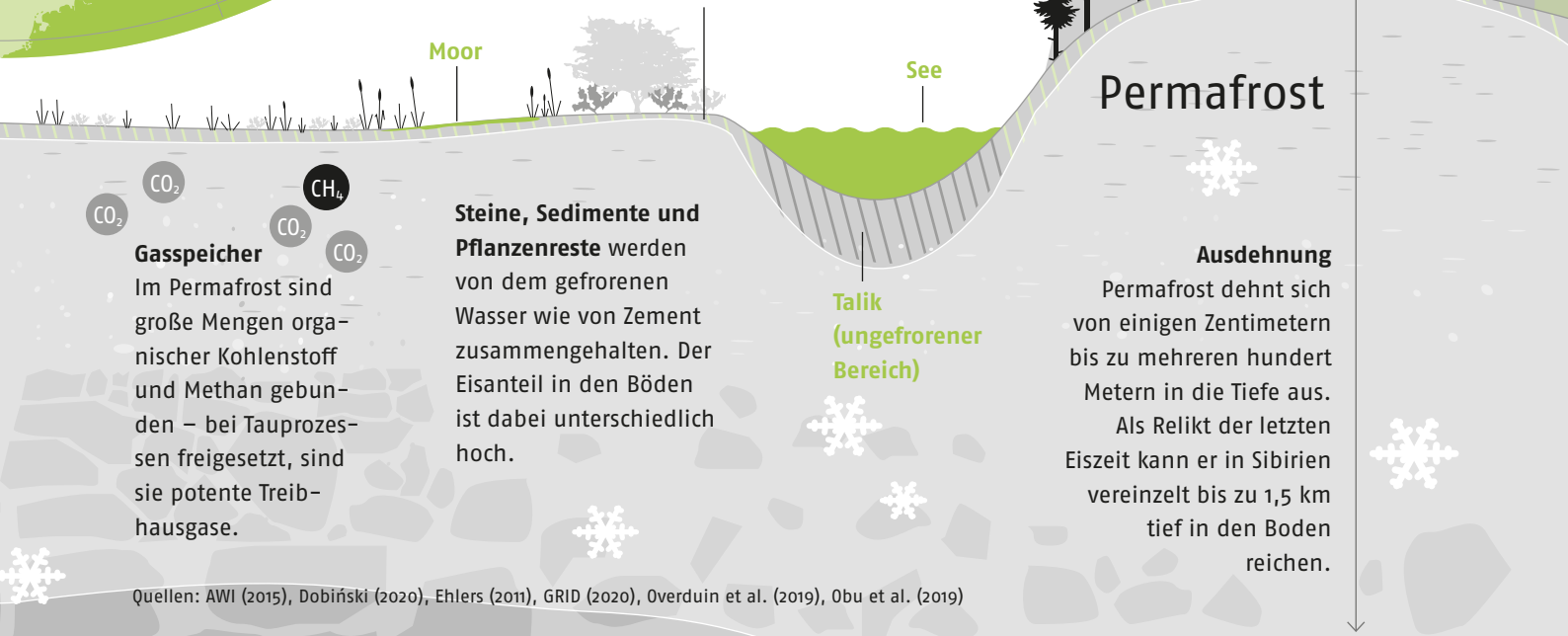
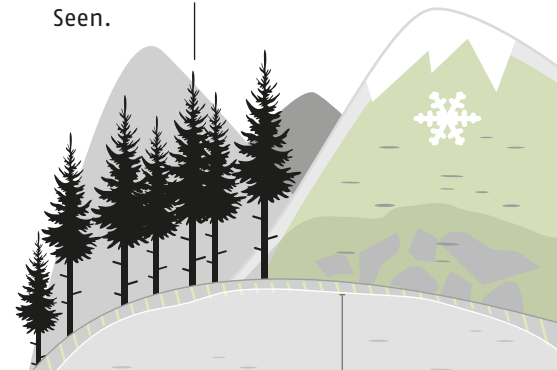


Unterschiedliche Vegetationsformen

Über dem gefrorenen Boden gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Landschaftsformen, von Tundra und Mooren bis zu borealen Wäldern, Gebirgen, Flüssen und Seen.

Auftauschicht

Über den dauerhaft gefrorenen Böden liegt die »aktive Schicht«. Im Sommer taut diese je nach Region unterschiedlich tief auf – in der Regel 15–100 cm, in Ausnahmefällen bis zu 20 m tief.



Gasspeicher

Im Permafrost sind große Mengen organischer Kohlenstoff und Methan gebunden – bei Tauprozessen freigesetzt, sind sie potente Treibhausgase.

Steine, Sedimente und Pflanzenreste werden von dem gefrorenen Wasser wie von Zement zusammengehalten. Der Eisanteil in den Böden ist dabei unterschiedlich hoch.

Permafrost

Ausdehnung

Permafrost dehnt sich von einigen Zentimetern bis zu mehreren hundert Metern in die Tiefe aus. Als Relikt der letzten Eiszeit kann er in Sibirien vereinzelt bis zu 1,5 km tief in den Boden reichen.



Pflanzen

Grundbausteine des Lebens

Ca. **400 000**
Pflanzenarten sind weltweit bestimmt. In etwa 2000 neue Arten werden jedes Jahr entdeckt.



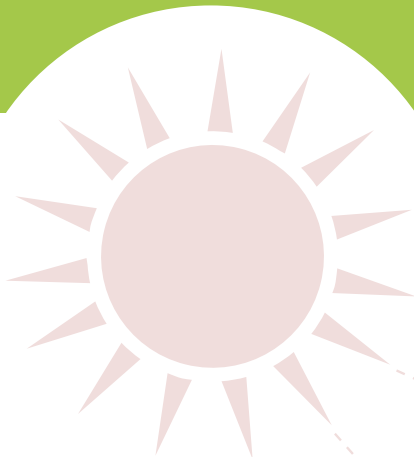
Eine Pflanze [von latein. **planta** = **Setzling, Jungpflanze**] ist ein lebender Organismus, der im Boden, Wasser oder auf anderen Pflanzen wächst. Eine Pflanze stellt ihre eigene Nahrung aus Sonnenlicht her, besteht meist aus Wurzeln, Stiel und Blättern. 94 % aller Pflanzen haben Blüten.



Pflanzen produzieren den Sauerstoff, den wir atmen, und bilden die Basis unserer Nahrungsmittel und Medizin. Wir nutzen sie für alltägliche Dinge wie Kleidung (Baumwolle, Hanf), Baumaterialien (Holz, Stroh) und Biokraftstoffe (Mais, Zuckerrohr). Außerdem haben sie für viele Menschen spirituelle und kulturelle Bedeutung.



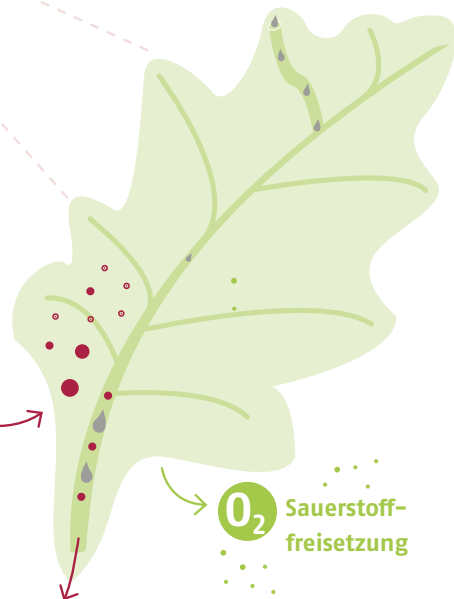
44 %
aller Pflanzen sind vom Aussterben bedroht.



Sonnenlicht ist die Energiequelle für Photosynthese



Blattadern transportieren Wasser und Nährstoffe



CO₂-Aufnahme

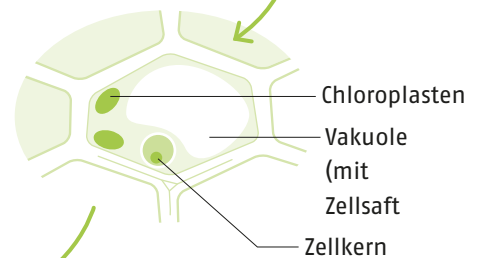


Sauerstoff-freisetzung

Zucker-transport

Mit der chemischen Energie wandelt die Blattzelle das aufgenommene Kohlenstoffdioxid und Wasser in Kohlenhydrate (Zucker) um.

Blattzellen betreiben Photosynthese



Chloroplasten
Vakuole (mit Zellsaft)
Zellkern

4-8 µm



Chloroplasten (aufgeschnitten) sind grüne Zellorganellen, die aus sehr komplexen Membranstrukturen bestehen, die Thylakoide genannt werden.

Thylakoide formen Stapel, sogenannte Grana, gefüllt mit dem lichtabsorbierenden Farbstoff Chlorophyll, der aus Lichtenergie chemische Energie erzeugt.

Die Photosynthese

Blätter nehmen Kohlendioxid und Wasser auf und wandeln es mithilfe der Sonnenenergie in Zucker um. Das ist der Grundbaustein des Lebens. Für die chemische Umwandlung sorgen mikroskopisch kleine Zellorganellen in den Blattzellen mit ihrem Farbstoff Chlorophyll. Dabei entsteht als Abfallprodukt der für uns so wichtige Sauerstoff.

Eine 100-jährige Eiche etwa versorgt jedes Jahr rund 11 Menschen mit Sauerstoff.

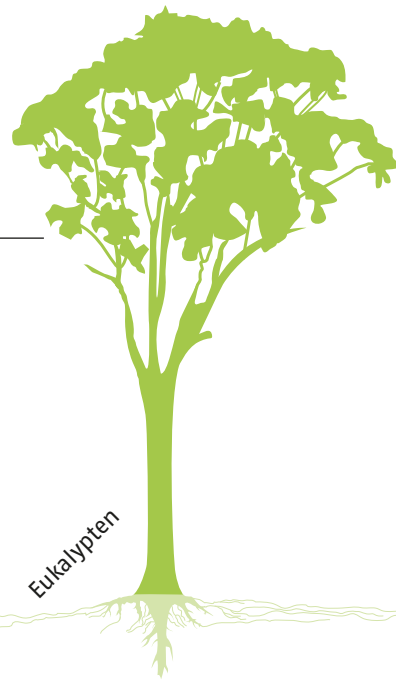
Die Vielfalt der Pflanzen



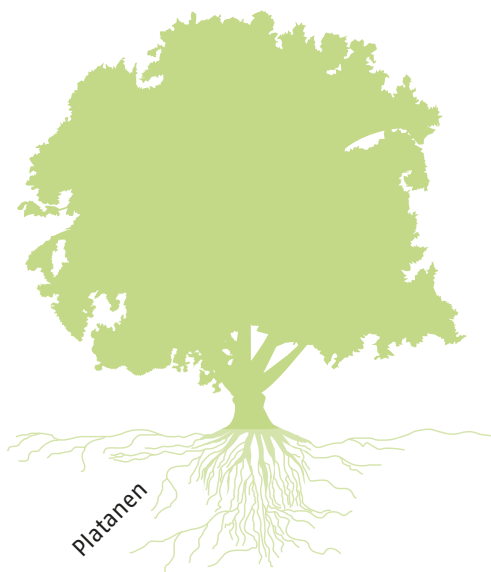
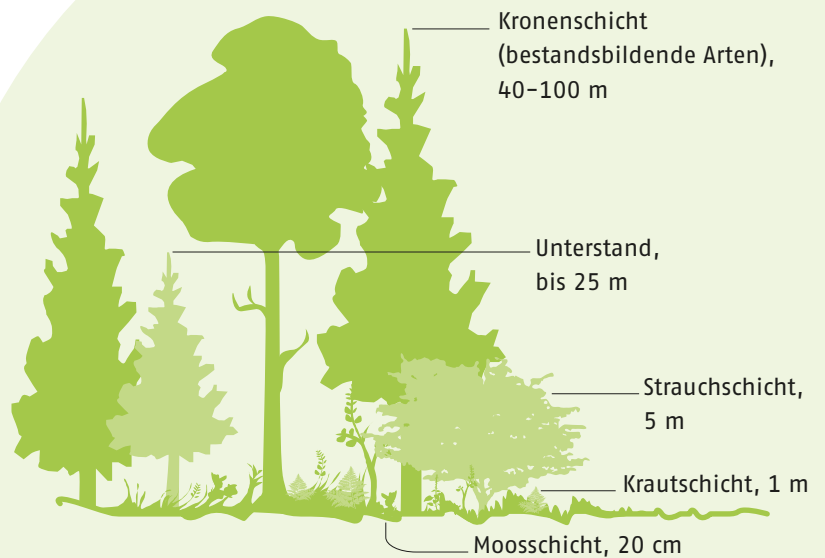
Dürre-resistent und hauptsächlich in Afrika heimisch: Der Baobab speichert Wasser in seinem Stamm. Seine Rinde, Früchte und Samen sind essbar, zudem werden Kleidung und Medizin aus ihm gewonnen.

Ursprünglich in Australien

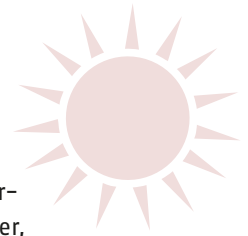
heimisch, wurde Eukalyptus weltweit für sein schnelles Wachstum in Plantagen gepflanzt. Als invasive Art ist er z. B. in Kalifornien und Chile dafür bekannt, Böden auszutrocknen, die Waldbrandgefahr zu erhöhen und die Biodiversität zu verringern.



Aufbau eines Waldes



Das Leben eines Baumes



Nahrung

Bäume leben von Sonnenenergie, Kohlendioxid sowie Wasser, Zucker und gelösten mineralischen Nährstoffen aus dem Boden. In der Vegetationszeit benötigen Bäume signifikante Mengen Wasser.

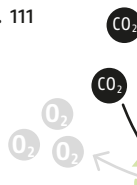


Überwinterung

Laubbäume machen sich »winterfest«, indem sie u. a. Zucker als Frostschutzmittel einlagern, überflüssigen Wassertransport und Photosynthese einstellen sowie die letzten Nährstoffe aus den Blättern ziehen, bevor diese als Laub zu Boden fallen. Die meisten Nadelbäume behalten ihre Nadeln hingegen, die durch eine Wachsschicht vor Kälte und Austrocknung (Frostrocknis) geschützt sind.

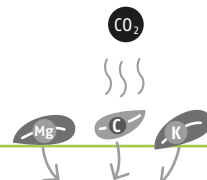
Photosynthese

s. S. 111



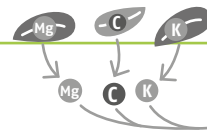
Heterotrophe Respiration

Mikroorganismen bauen den im Boden enthaltenen organischen Kohlenstoff ab und setzen dabei u. a. CO₂ frei.



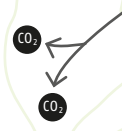
Nährstoffkreislauf

Laub wird mithilfe von Bodenorganismen wie Pilzen langsam kompostiert. So kann der Baum die in den Blättern enthaltenen Nährstoffe im Idealfall wieder über die Wurzeln aufnehmen.



Bodenrespiration

Ein Teil des Kohlenstoffs wird von den Blättern in die Wurzeln transportiert und dort als CO₂ freigesetzt.



Kohlenstoffspeicher

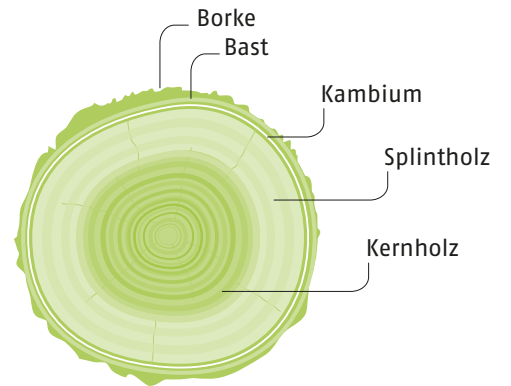
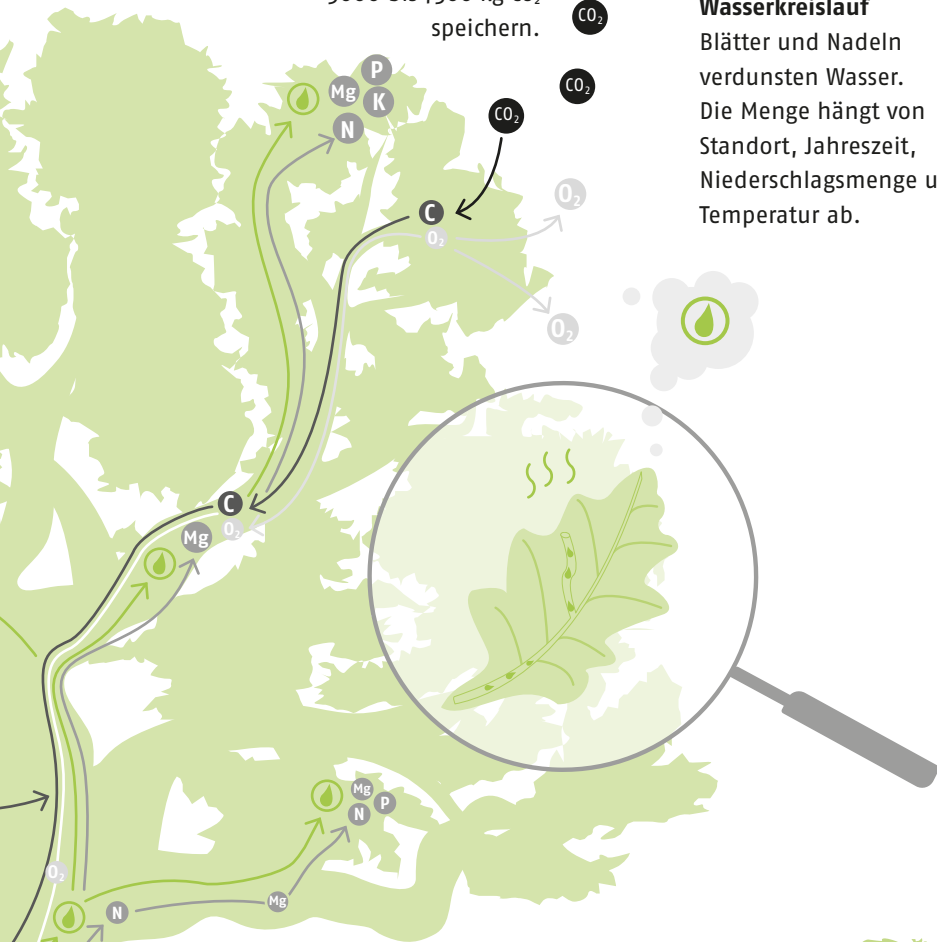
Eine 40 m hohe Eiche mit einem Stammdurchmesser von 60 cm kann etwa 5000 bis 7300 kg CO₂ speichern.

Wasserkreislauf

Blätter und Nadeln verdunsten Wasser. Die Menge hängt von Standort, Jahreszeit, Niederschlagsmenge und Temperatur ab.

Baumstamm

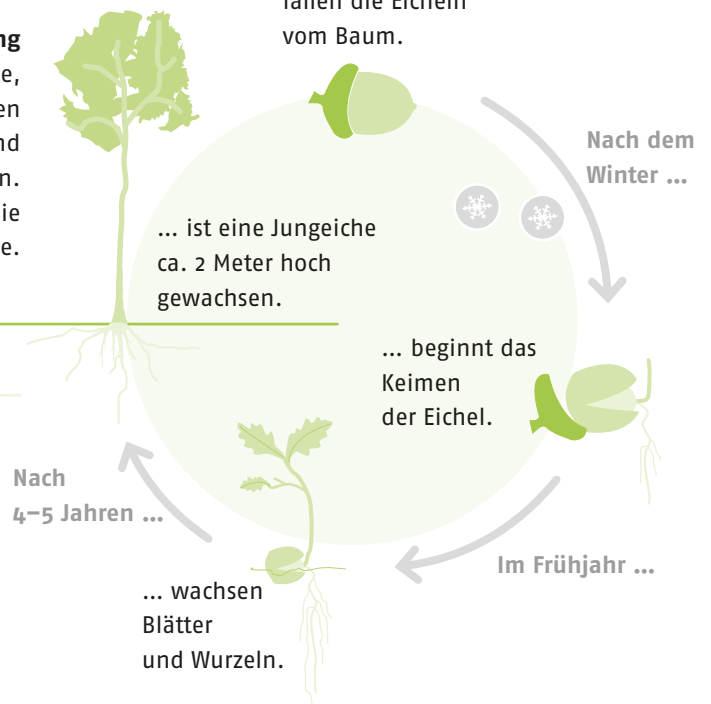
Die Borke schützt den Baum vor Austrocknung, Beschädigung sowie Pilz- und Insektenbefall. Der Wasser- und Nährstofftransport findet im Holz statt, der Zuckertransport im Bast. Das Kambium, eine dünne Zellschicht dazwischen, ist für den Holzzuwachs verantwortlich. Das Kernholz im Innern ist abgestorben.



Fortpflanzung

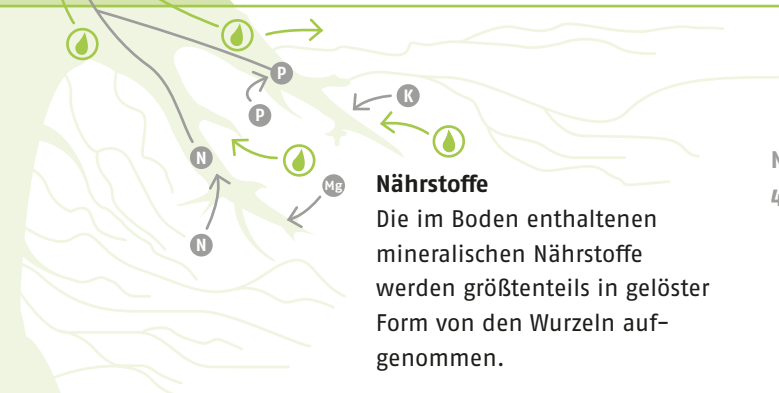
Im Frühjahr blüht die Eiche, die männlichen Blüten produzieren Pollen und bestäuben weibliche Blüten. Je nach Eichenart dauert die Samenentwicklung 1–2 Jahre.

Im Herbst fallen die Eicheln vom Baum.



Nährstoffe

Die im Boden enthaltenen mineralischen Nährstoffe werden größtenteils in gelöster Form von den Wurzeln aufgenommen.

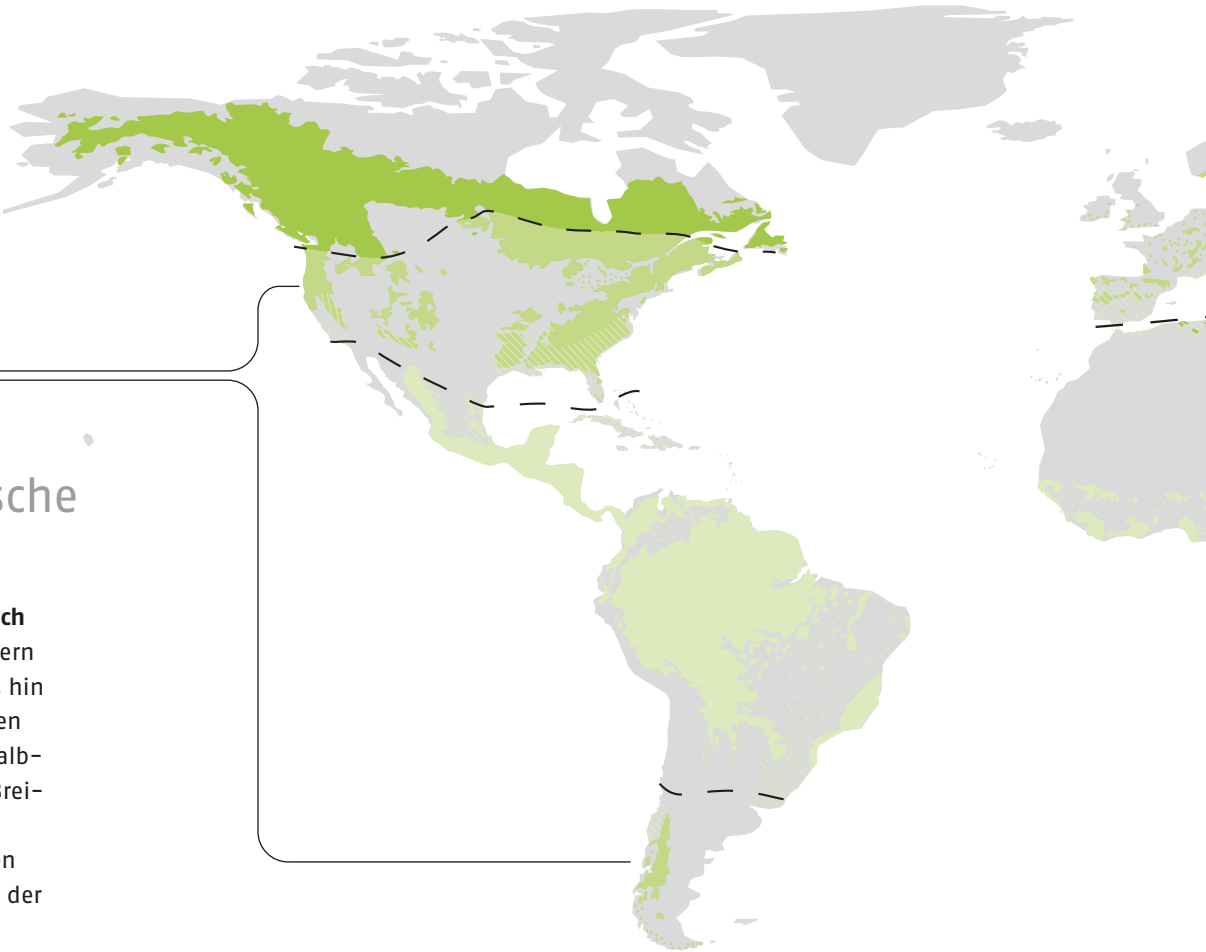


Die Wälder der Erde



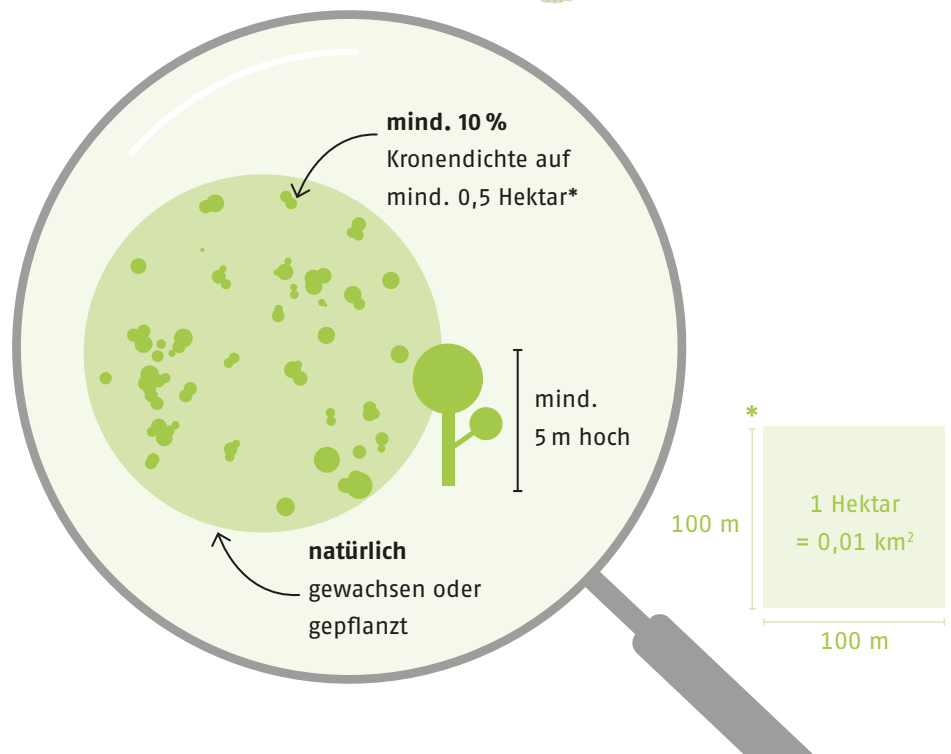
Temperierte und subtropische Wälder

können sehr unterschiedlich sein – von Laubmischwäldern über Nadel-Bergwälder bis hin zu Regenwäldern. Sie stehen größtenteils auf der Nordhalbkugel in den gemäßigten Breiten, kommen aber auch z. B. in Chile oder Australien vor und umfassen ca. 27 % der weltweiten Waldfläche.



Was ist überhaupt ein Wald?

Dafür gibt es Hunderte Definitionen, zum Beispiel diese hier von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) zur Mindestgröße und Baumdichte eines Waldes:



Waldarten ■ boreal ■ temperiert ■ subtropisch ■ tropisch

Boreale Nadelwälder

sind die nördlichsten Wälder der Erde und bestehen hauptsächlich aus Tannen, Lärchen, Fichten und Kiefern. Sie ziehen sich wie ein Gürtel über die Nordhalbkugel. Als größtes zusammenhängendes Waldökosystem umfassen sie ca. 28 % der weltweiten Waldfläche.



Industrielle Baumplantagen

expandieren weltweit: 3 Mio. ha wurden zwischen 2010 und 2020 pro Jahr neu gepflanzt. Sie werden meist für den steigenden Bedarf an Holz, Zellstoff, Palmöl oder Früchten verwendet. Problematisch wird es, wenn Primärwälder abgeholzt werden, um Platz für Plantagen zu schaffen. Da Baumplantagen kaum Ökosystemfunktionen erfüllen oder Biodiversität beherbergen, werden sie meist nicht als »Wälder« bezeichnet. Die FAO zählt sie zu den »gepflanzten Wäldern« mit ca. 3 % der weltweiten Waldfläche.



Tropische Wälder

haben die größte Biodiversitätsdichte von allen, sie beherbergen 50 % aller bekannten Pflanzenarten. Neben dem tropischen Regenwald zählen tropischer Trockenwald, Bergwälder und Nebelwälder dazu. Sie umfassen ca. 45 % der weltweiten Waldfläche und regulieren das Weltklima, z. B. durch Wasseraustausch mit der Atmosphäre.

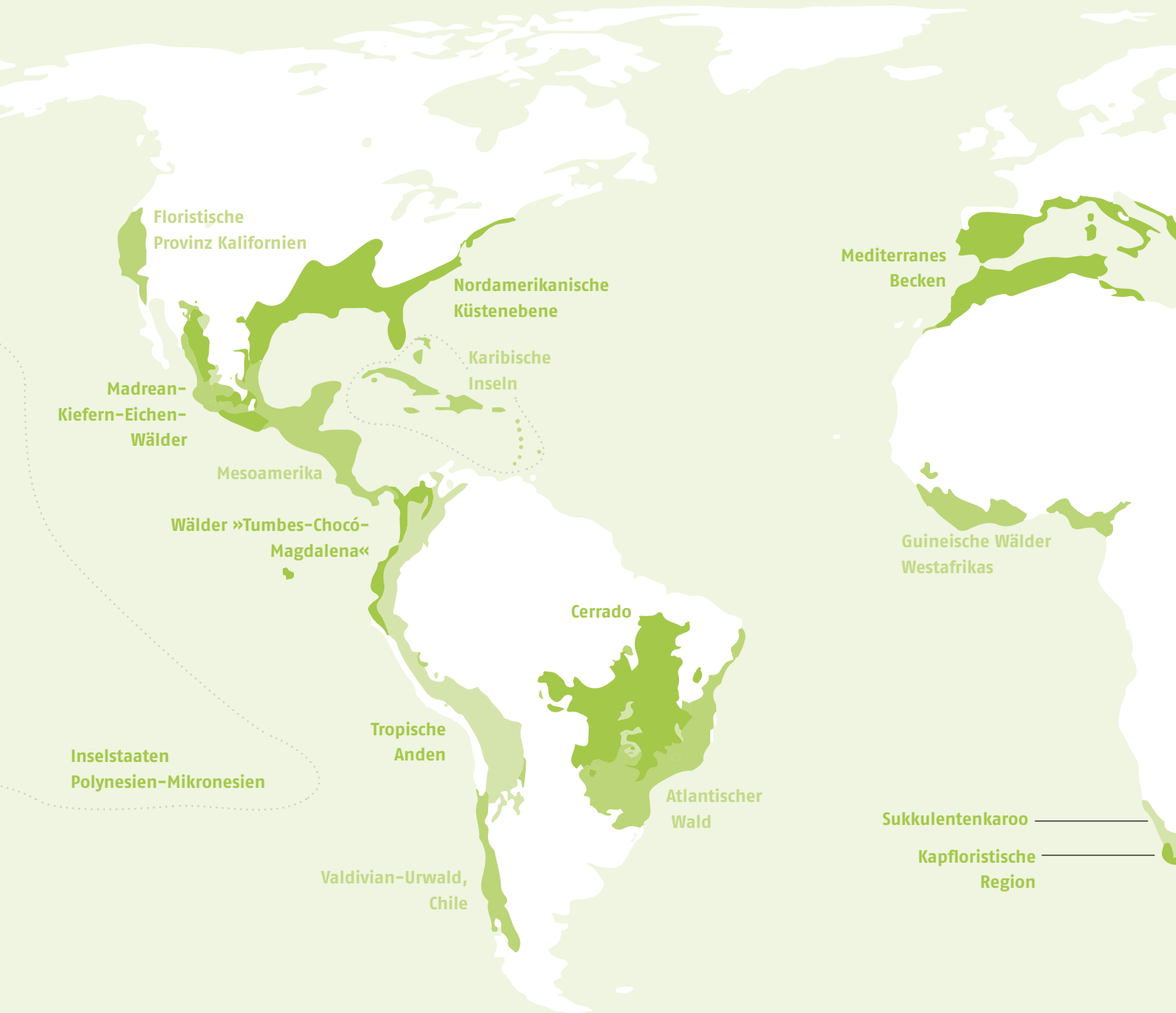


Gemeinsam Wälder retten!

Ärmel hochkrepeln und mitmachen, z. B. bei lokalen Waldschutzinitiativen.

greenwire.greenpeace.de/themengruppe-wald

Hotspots der Artenvielfalt



Mind. **1500** endemische* Pflanzenarten muss es in einer Region geben, damit sie als biologischer Hotspot gilt.

* nur in diesem Gebiet vorkommende Arten

■ ■ ■ Biodiversitätshotspots (Farben nur zur Unterscheidung von angrenzenden Gebieten)

70 % haben die weltweiten
36 Hotspots durchschnittlich bereits
von ihren ursprünglichen Ausmaßen
eingebüßt.



Quellen: CEPF (2022), CI (2022), Koenig (2016)



**Setz dich für
Naturschutzgebiete ein!**

Es gibt nicht nur die »Red List«
der bedrohten Arten des IUCN,
sondern auch eine positive
»Green List« für herausragende
Naturschutzgebiete:

iucngreenlist.org

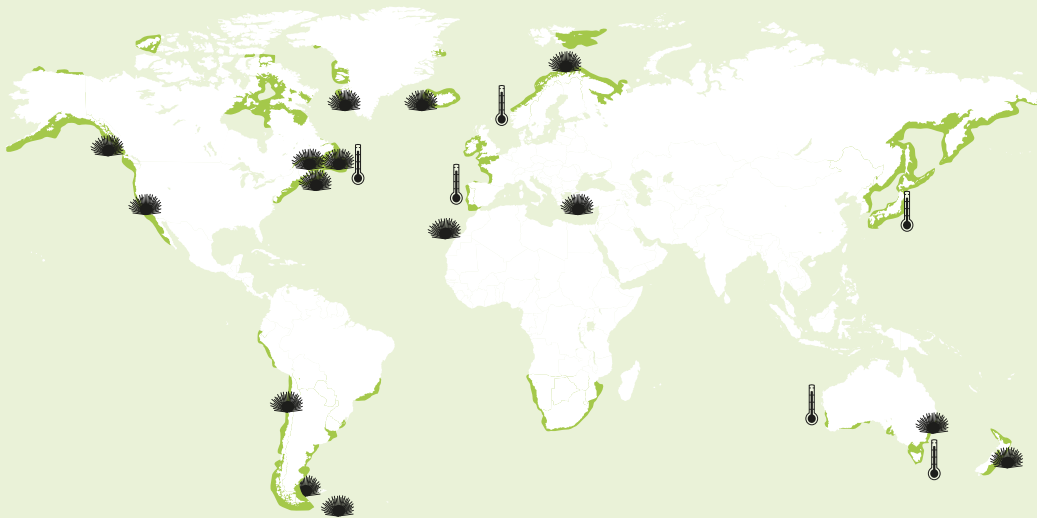
Unterwasserwälder



Seeotter stellen das biologische Gleichgewicht in pazifischen Kelpwäldern her: Ohne sie würden die Seeigel überhandnehmen und ganze Kelpwälder kahl fressen.

25 % der Küsten sind von Kelpwäldern besiedelt.

■ Kelpwälder **Bedrohungen:** 🌿 Seeigelnwüste 🌡️ Erwärmung des Wassers



Kelpwälder werden als »Wälder der Ozeane« bezeichnet wegen ihrer hohen Artenvielfalt, großen Produktivität und Dynamik des Ökosystems und wegen ähnlicher vertikaler Strukturen und Lichtverhältnisse.

Im Kampf gegen den Klimawandel können Kelpwälder eine Schlüsselrolle einnehmen. Sie speichern nicht nur CO₂ aus der Umgebung, sondern helfen auch bei der Anpassung an die Folgen des Wandels: Mit ihrem höheren pH-Wert gelten sie als Refugium für Schalentiere, die von Ozeanversauerung bedroht werden, bei schweren Stürmen tragen sie zum Küstenschutz bei und steigern den Ertrag der Fischer.

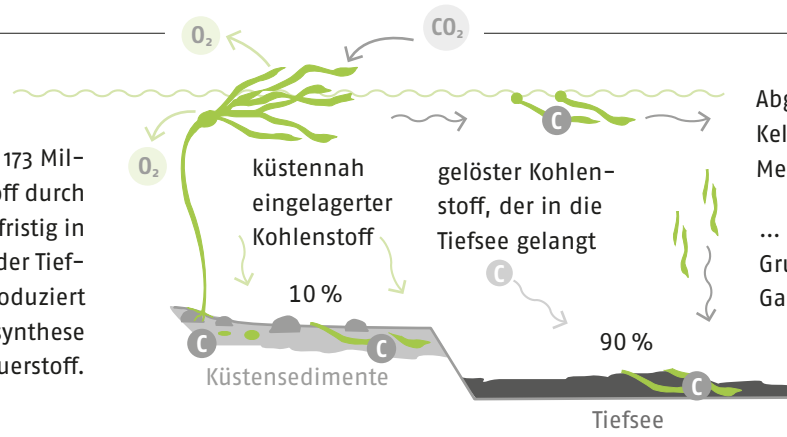
Die Zucht von Kelp, traditionell vor China und Japan, hat sich mittlerweile auf Nordamerika und Nordeuropa ausgedehnt: 8 Millionen Tonnen wurden 2016 global geerntet. Als vitamin- und mineralhaltiges Nahrungsmittel ist es in Asien beliebt und wird z. B. als Nahrungsergänzungs- und Bindemittel weiterverarbeitet.

Jedoch sind Kelpwälder durch menschliche Einflüsse wie Meeresverschmutzung und -erwärmung weltweit bedroht. Als unersetzliche, einzigartige Ökosysteme sollten sie dringend unter strengeren Schutz gestellt werden.

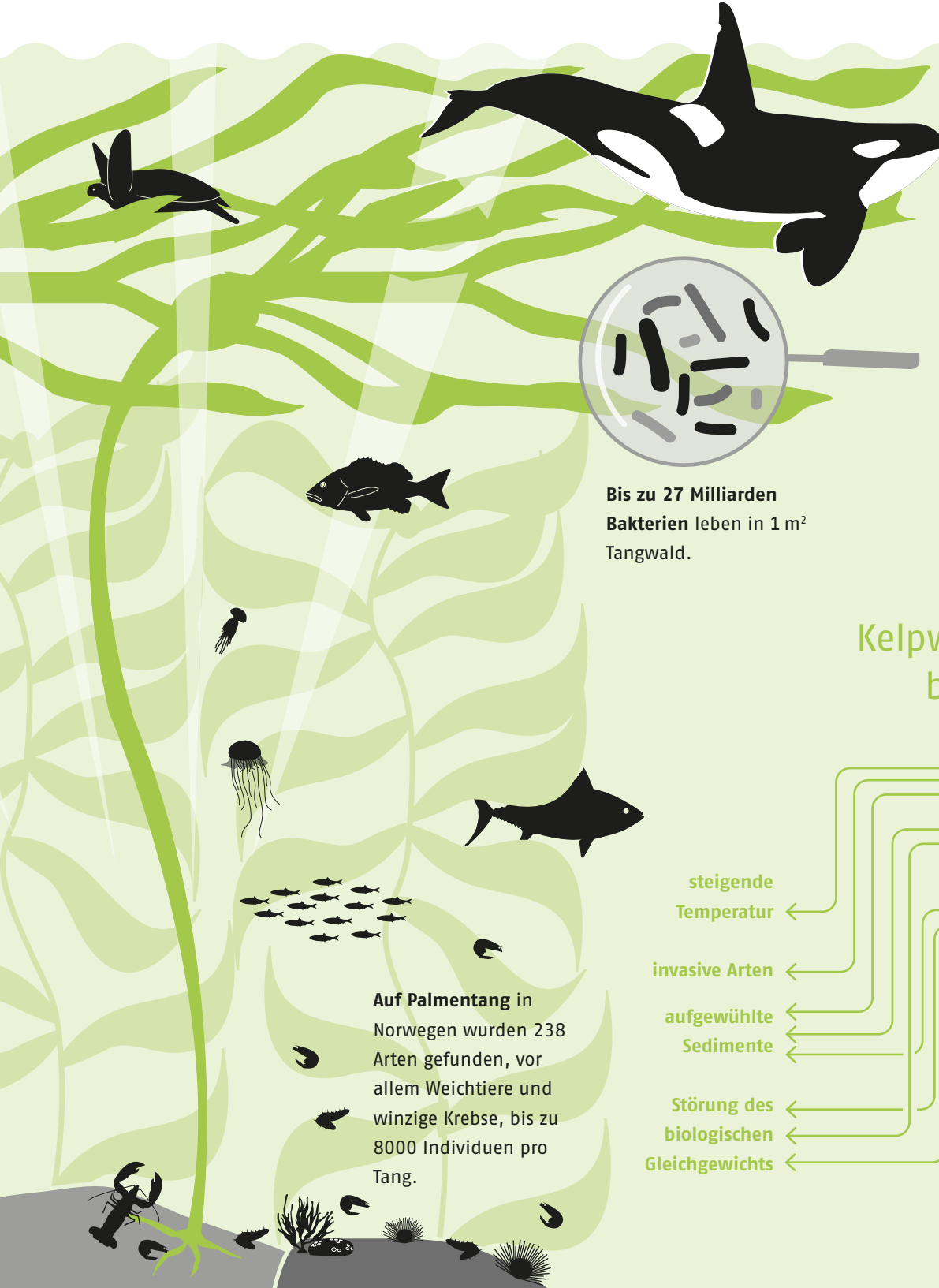


Riesentang wächst bis zu 60 m hoch und 50–60 cm pro Tag. Seine Lebensdauer beträgt bis zu 7 Jahre.

Jährlich werden geschätzte 173 Millionen Tonnen Kohlenstoff durch abgestorbenen Kelp langfristig in Sedimente, hauptsächlich in der Tiefsee, eingelagert. Zudem produziert der Kelp während der Photosynthese große Mengen Sauerstoff.



Abgetrennte Teile des Kelps treiben aufs offene Meer ...
 ... und sinken erst zum Grund, wenn ihre Gasbläschen platzen,
 ... Kohlenstoff lagert sich in den Sedimenten ein.

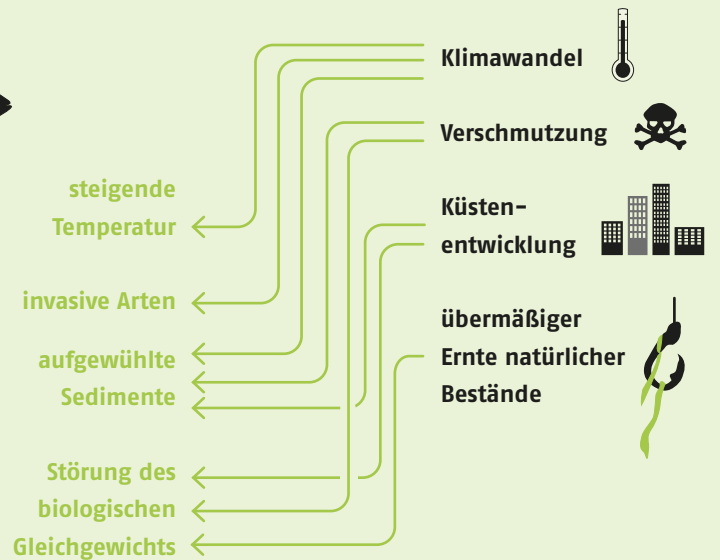


Kettenreaktion: Der Rückgang von Fischpopulationen in den Gewässern vor Alaska löste einen Rückgang von Seelöwen und Robben aus, weswegen Schwertwale vermehrt Seeotter fraßen, was wiederum zum Verlust von Kelpwäldern durch Seeigelinvasion führte.



Bis zu 27 Milliarden Bakterien leben in 1 m² Tangwald.

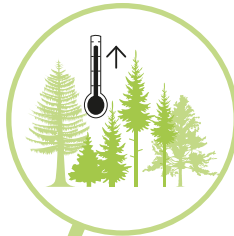
Kelpwälder werden bedroht von ...



Auf Palmentang in Norwegen wurden 238 Arten gefunden, vor allem Weichtiere und winzige Krebse, bis zu 8000 Individuen pro Tang.

Warum unser Klima ...

Boreale Nadelwälder erwärmen ihr Umfeld: Durch ihre niedrige Albedo* absorbieren sie fast die gesamte Sonnenenergie (ca. 92 %) und erwärmen so die Luft, die sie umgibt.



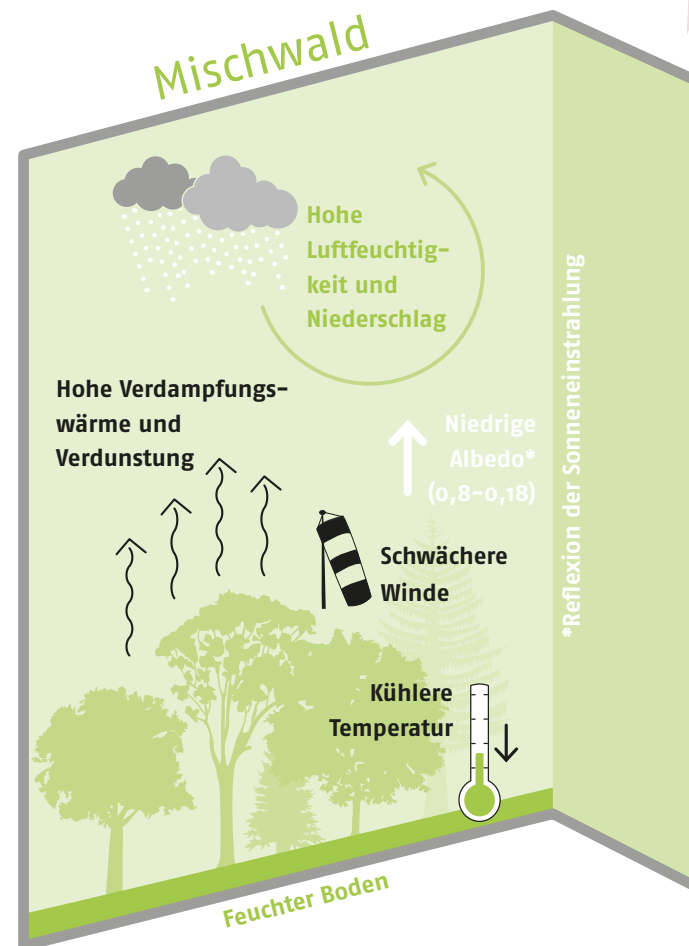
Tropische Regenwälder kühlen durch starke Verdunstung und Wolkenbildung ihre Region und haben dadurch sogar kühlenden Einfluss auf das Weltklima.



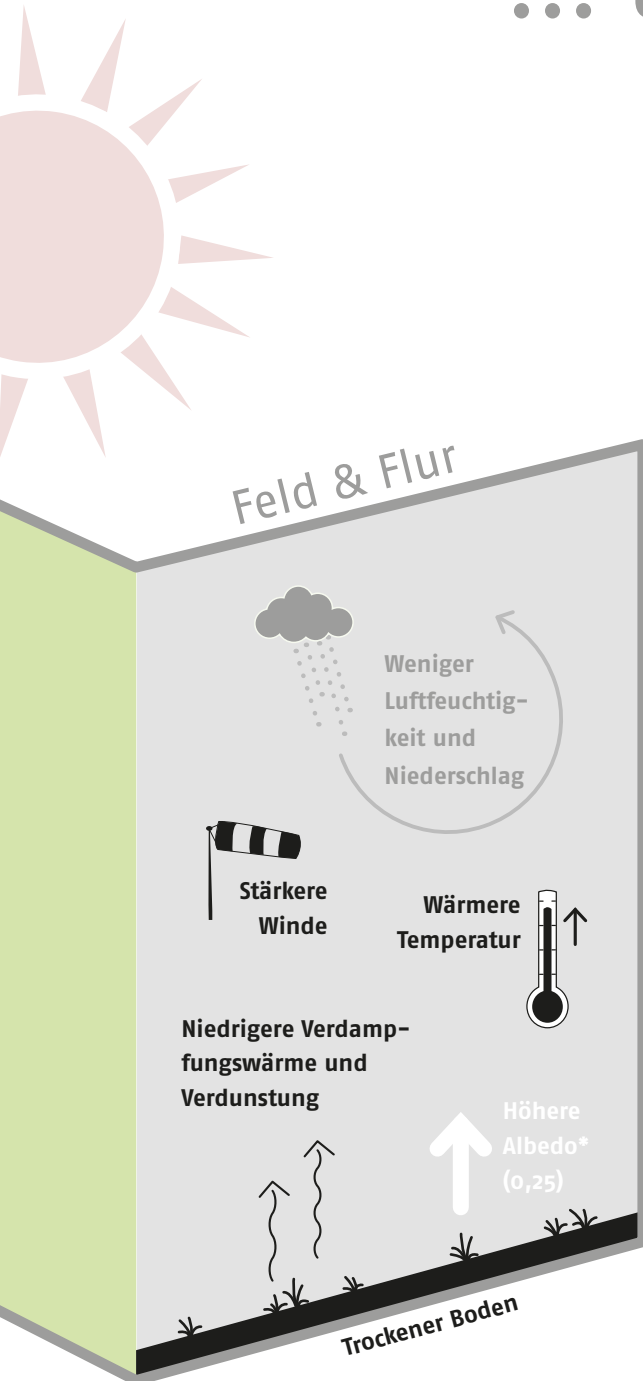
Dichte Primärwälder und Sekundärwälder haben, wenn sie nachhaltig oder gar nicht bewirtschaftet werden, ihr eigenes Mikroklima. Die Luft und der Boden sind dort feuchter und kühler als auf unbewaldeten Landflächen.



Lichte Monokulturbaumpflanzen degradieren Böden. Je nach Anbaupraktik und Baumart können der Grundwasserspiegel und die Trinkwasserqualität dadurch sinken.



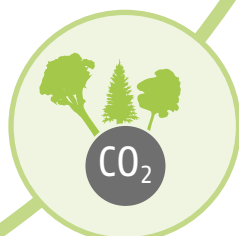
... auf intakte Wälder angewiesen ist



Wälder sind Klimaschützer, sie entziehen der Atmosphäre ca. 28 % der von Menschen verursachten CO₂-Emissionen.



Aufforstung und Renaturierung sind, wenn es mit der Reduktion von CO₂-Emissionen einhergeht, eine effektive Klimaschutzstrategie, um langfristig CO₂ zu binden.



Umgerechnet ca. 296 Gigatonnen CO₂ sind weltweit in der über- und unterirdischen Biomasse von Wäldern in Form von Kohlenstoff gespeichert. Durch weitere Entwaldung und Degradierung würden Teile davon freigesetzt.

Atem der Wälder

CO₂-Senke oder Quelle?

Unberührte Wälder oder intakte, nachhaltig bewirtschaftete Wälder nehmen 2-mal so viel CO₂ auf, wie sie emittieren.

Im Gegensatz zu degradierten oder zerstörten Wäldern: Nach Kahlschlag oder Brandrodung emittieren diese CO₂.

Besonders dramatisch ist die Lage in Südostasien und am Amazonas.

Das Kongobecken, der zweitgrößte Regenwald der Erde, ist zurzeit

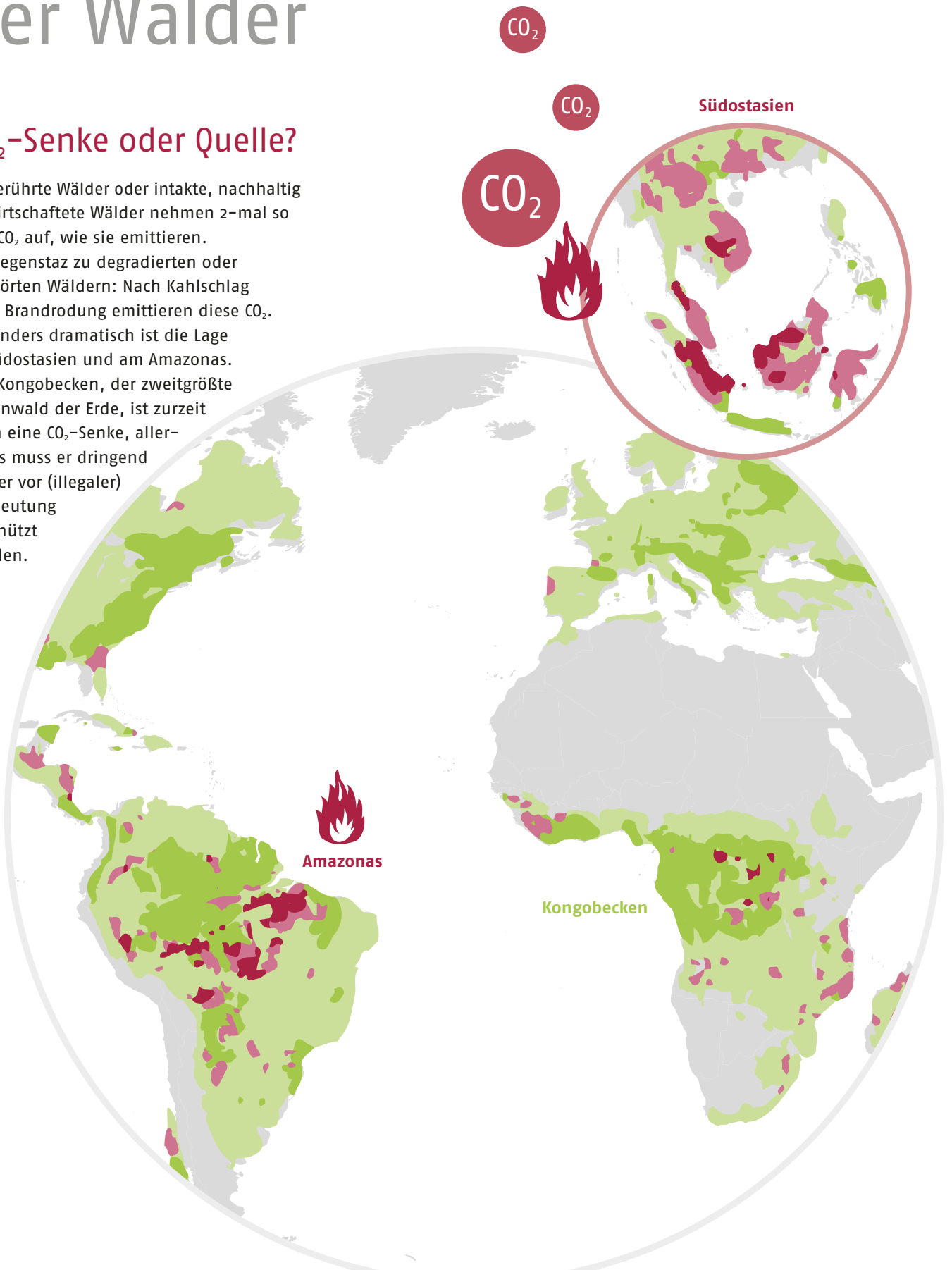
noch eine CO₂-Senke, allerdings muss er dringend

besser vor (illegaler)

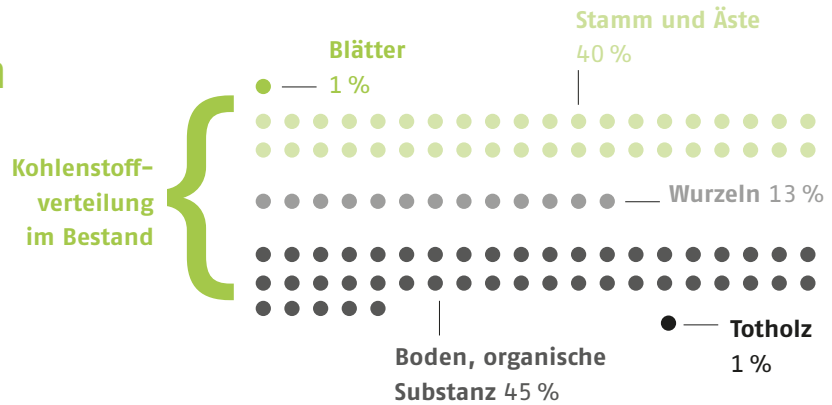
Ausbeutung

geschützt

werden.

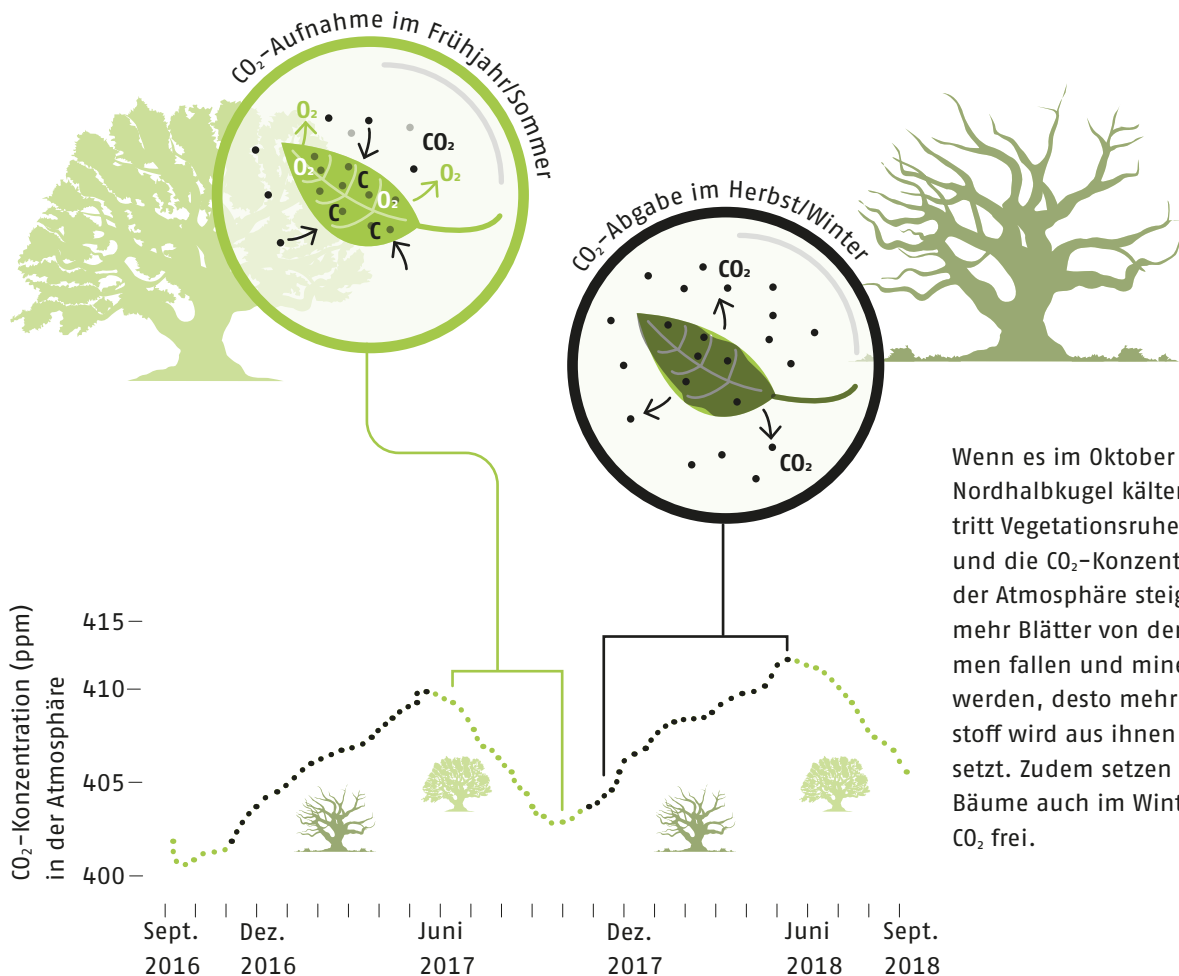


Wo speichern Bäume am meisten Kohlenstoff?



Während der Vegetationsperiode auf der Nordhalbkugel (Mai–Oktober) sinkt die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre. Je grüner es wird, desto mehr CO₂ wird bei der Photosynthese von Blättern aufgenommen und als Kohlenstoff, im Baum verteilt, gespeichert.

22,6 kg CO₂ speichert ein Baum in den Tropen durchschnittlich pro Jahr.



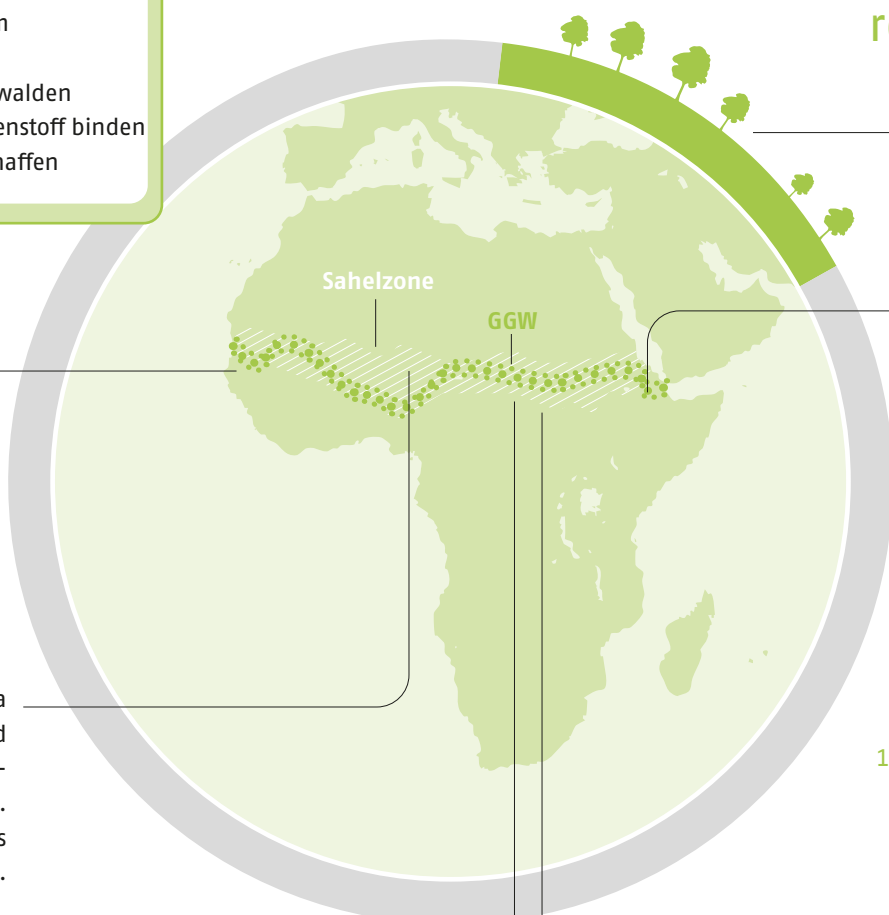
Wenn es im Oktober auf der Nordhalbkugel kälter wird, tritt Vegetationsruhe ein, und die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre steigt an. Je mehr Blätter von den Bäumen fallen und mineralisiert werden, desto mehr Kohlenstoff wird aus ihnen freigesetzt. Zudem setzen blattlose Bäume auch im Winter CO₂ frei.

Great Green Wall in Afrika

Die **Great Green Wall** (GGW) ist ein Mosaik aus Renaturierungsprojekten in knapp 30 Ländern, das sich durch die Sahelzone zieht. Hauptsächlich werden Bodenschutz- und Wasserverbesserungsmaßnahmen umgesetzt, um die Regionen wieder ergrünen zu lassen. Das Pflanzen von Bäumen macht dagegen nur einen kleinen Teil der Aktivitäten aus, da es sehr teuer ist und zuerst die trockenen Verhältnisse verbessert werden müssen.

18%
der »Great Green Wall«,
17,8 Mio. ha,
sind bislang
renaturiert.

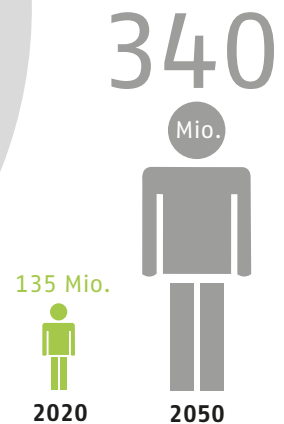
- Initiator: Afrikanische Union (AU)
- 20 Staaten helfen finanziell
- Zeitraum 2007–2030?
- Länge: fast 8000 km
Breite: ca. 15 km
- Ziele bis 2030:
 - 100 Mio. ha bewalden
 - 250 Mio. t Kohlenstoff binden
 - 10 Mio. Jobs schaffen



Senegal hat bisher 18 Mio. Bäume gepflanzt und ca. 192 000 ha Land renaturiert und bewaldet.

Niger hat 730 000 ha degradiertes Land bewaldet sowie renaturiert und dabei ca. 21 500 »grüne« Jobs geschaffen.

Äthiopien hat bislang ca. 12 Mio. ha degradiertes Land und Böden renaturiert und 218 400 neue Jobs geschaffen.

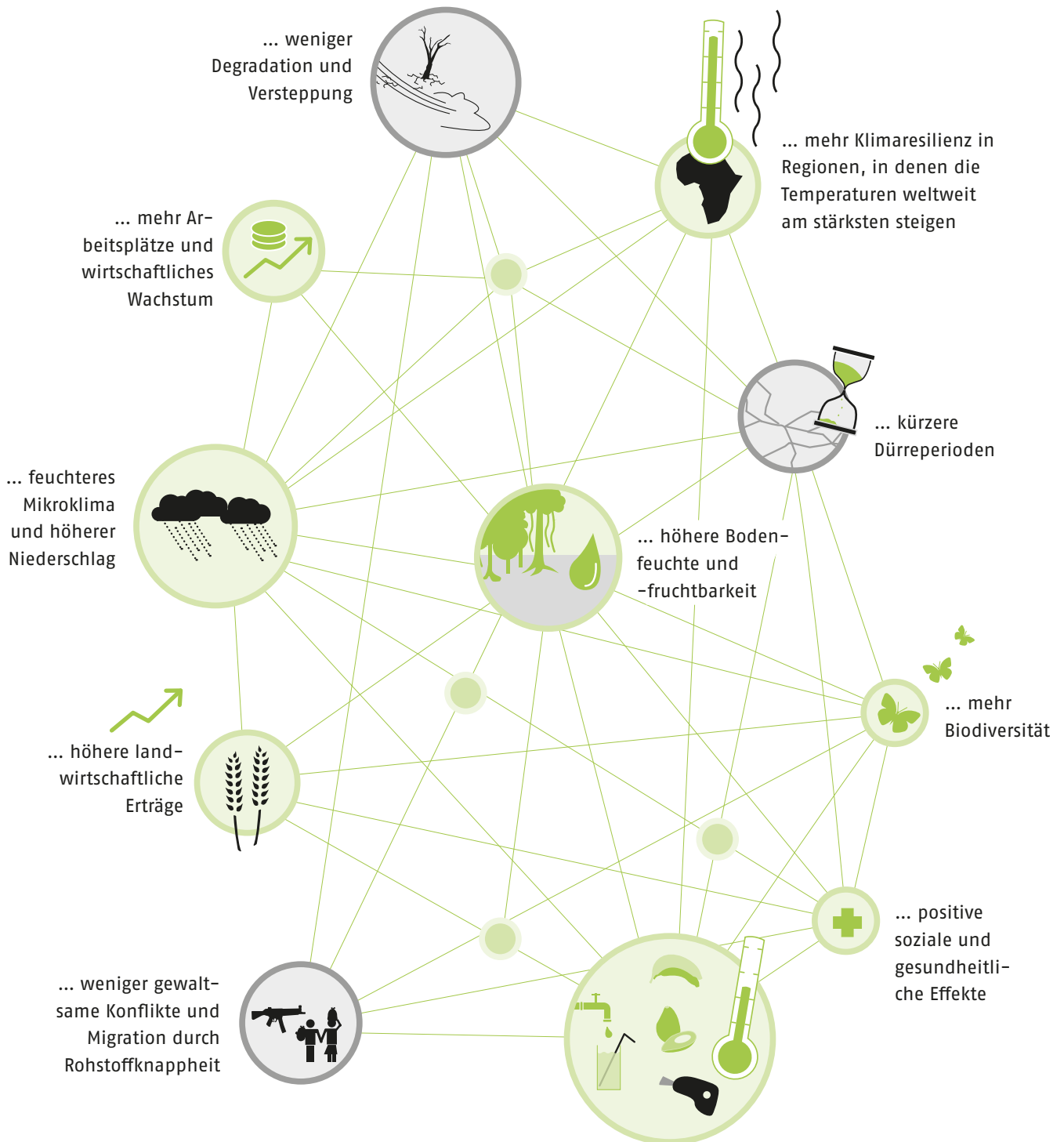


Das **Bevölkerungswachstum** in der Sahelzone ist rapide und wird u. a. dazu führen, dass in Zukunft mehr junge Menschen Arbeit in ländlichen Regionen suchen oder infolge von Arbeitslosigkeit abwandern.



80% der Menschen in der Sahelzone leben in Armut, d. h. von weniger als 2 € am Tag.

Die Renaturierung hat viele Ziele, je nach Region ...



... höhere Ernährungs- & Trinkwassersicherheit, Klimaschutz sowie weniger Armut

Wenn das Klima trockener wird ...

... erobern Pflanzen neue Lebensräume.

Durch die Verschiebung von Klimazonen verändert sich auch die natürliche Artenmischung: Während Nadelbäume sich gen Norden ausbreiten, dehnen sich Laubwälder z. B. in den niederschlagsreicheren Westen der USA aus.

... sterben Wälder.

In Kalifornien (USA) sind nach 5 Dürre Jahren in Folge mehr als 100 Mio. Bäume abgestorben, und Millionen mehr wurden geschwächt.

... nehmen Insektenbefall & Krankheiten zu.

Vor allem Nadelbäume werden durch Wasserknappheit anfälliger für Insektenbefall wie den Borkenkäfer, der von lang anhaltenden Dürren profitiert und u. a. in Westkanada und den USA Hunderte Millionen Hektar Wald zerstört hat.

... schwindet die Artenvielfalt.

Hoch spezialisierte Baumarten, die z. B. für die Fortpflanzung auf Vögel angewiesen sind, wie die Weißstämmige Kiefer (*Pinus albicaulis*), können vom Aussterben bedroht sein, wenn sich das Klima rasch verändert.

... wachsen Pflanzen langsamer.

Bei Wasserknappheit nimmt die Wachstumsrate ab, einige Pflanzen stoppen ihr Wachstum sogar. Blätter werden vorzeitig abgestoßen, um weiteren Wasserverlust zu verhindern.

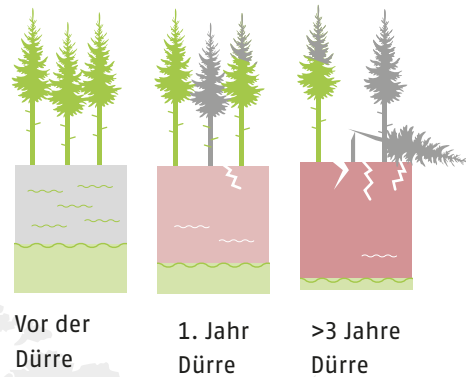
... verändert sich der CO₂-Kreislauf.

Dürren stören Ökosystemprozesse wie Kohlenstoff- und Wasserkreisläufe in Ökosystemen. Unter Stress können tropische Wälder zu CO₂-Emittenten statt -Senken werden.



... trocknet der Boden aus.

Flüsse und Grundwasser sind durch reduzierten Niederschlag und höhere Verdunstung direkt von Dürren betroffen, Niveau und Wasserqualität nehmen ab.



... verstärken sich Dürren weltweit.

Ausgelöst durch heißere, trockenere Sommer, verstärkt durch starke landwirtschaftliche und industrielle Nutzung des Grundwassers sowie Überpopulation: Dürren und »Blitzdürren« haben weitreichende Folgen (Blitzdürren trocknen den Boden innerhalb von Tagen bis Wochen aus).

... überleben weniger Jungpflanzen.

In Dürrezeiten ist die Bodenfeuchtigkeit für Samen zu gering, um austreiben zu können; Sämlinge erreichen mit ihren kurzen Wurzeln die feuchteren Bodenschichten nicht und sterben ab.

... breiten sich invasive Arten aus.

Fremde Arten können eine Austrocknung der Böden bewirken und heimische Arten verdrängen, wie z. B. in Südafrika: 6–12 Jahre nach Anpflanzung von Eukalyptusplantagen sind dort Flüsse ausgetrocknet, und die Bäume haben sich schnell weiter ausgebreitet.

... steigt die Waldbrandgefahr.

Nach 3-jähriger Dürre und bei Rekordtemperaturen sind in Australien von September 2019 bis Februar 2020 rund 5,8 Mio. Hektar Wald verbrannt, 21 % der Gesamtwaldfläche Australiens.

Artenverlust aufhalten ...

Landflächen
weltweit:

15 %
unter Schutz

Mind. 35 % der
Landflächen
weltweit
müssten unter
Schutz gestellt
werden, um die
Klima- und
die Artenkrise
zu bewältigen

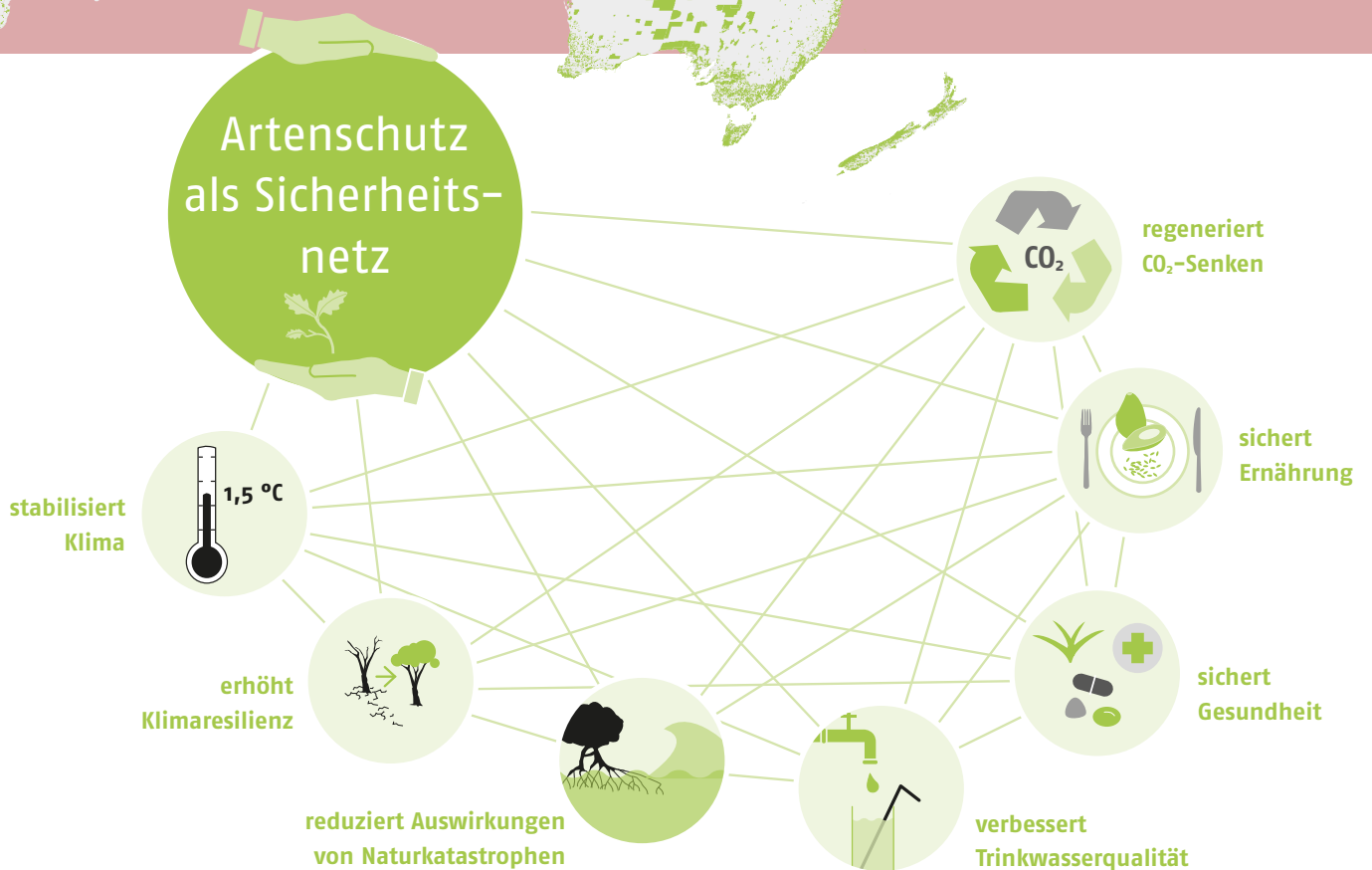
Ökosysteme bestehen aus einer Vielzahl von Arten, die in einem komplexen Netzwerk und oft symbiotisch in einem sensiblen Gleichgewicht zusammenleben und voneinander abhängen. Nur als Ganzes können sie überleben. Wissenschaftler bezeichnen Biodiversität als unser »globales Sicherheitsnetz«.

Eine hohe Artenvielfalt ist essenziell, damit Ökosysteme sich an die Stressfaktoren des Klimawandels anpassen und sich nach extremen Wetterereignissen schnellstmöglich regenerieren können.

Viele der »Ziele für nachhaltige Entwicklung« der Vereinten Nationen sind nur mit regenerierter Biodiversität erreichbar, unter anderem: Nahrungsmittelsicherheit, Trinkwassersicherheit, Wald-, Ozean- und Klimaschutz. Wenn wir genug Naturräume in den richtigen Regionen schützen, können wir diese Ziele noch erreichen. Bei mehr als 1,5 Grad Erwärmung werden einige Ökosysteme kollabieren, weil zu viele Arten aussterben und die Grenzen der Anpassungsfähigkeit erreicht sind. Das gilt es zu verhindern.

... und das Klima stabilisieren

85 %
nicht
geschützt





Tiere

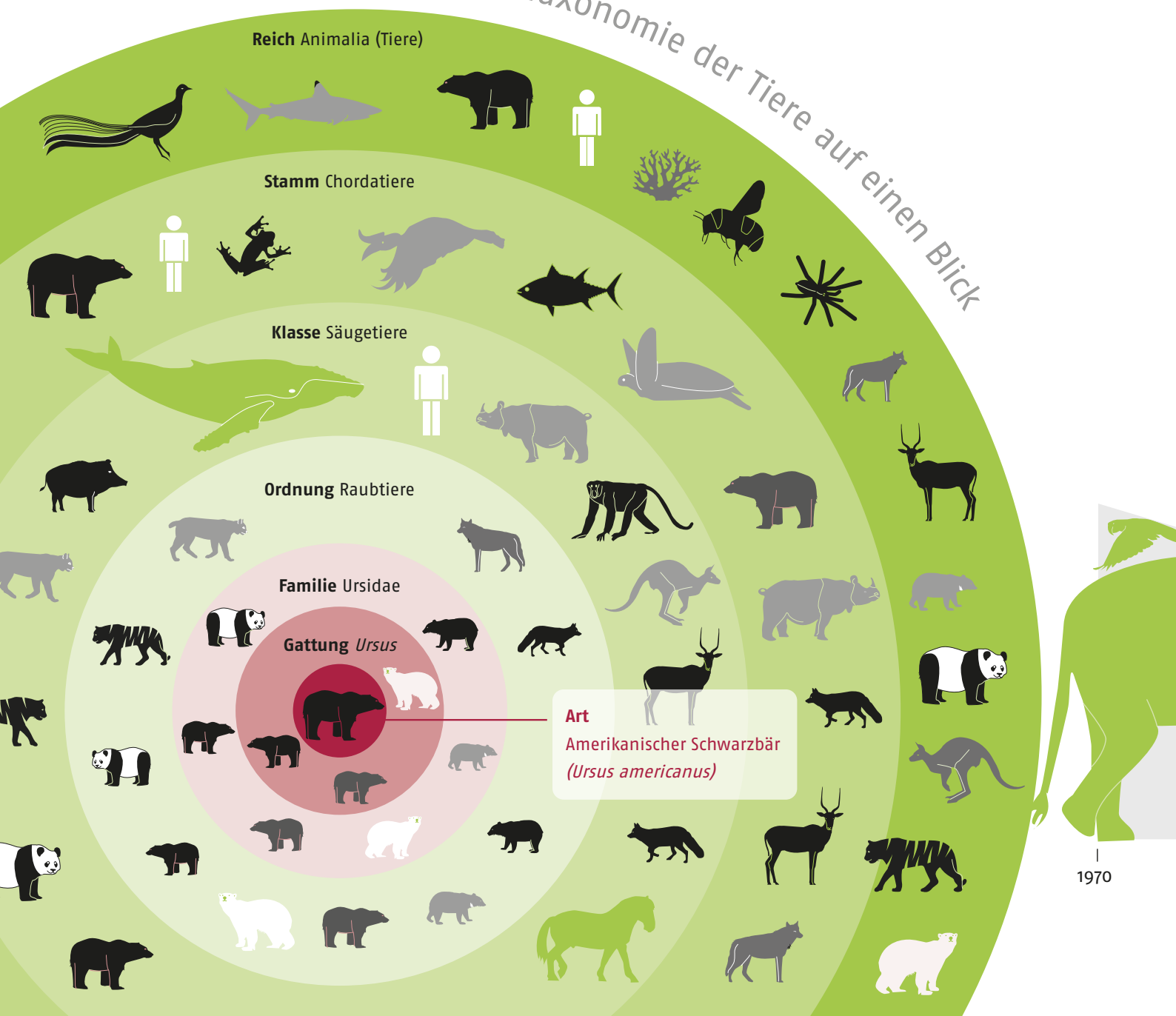
Weltweite Fauna



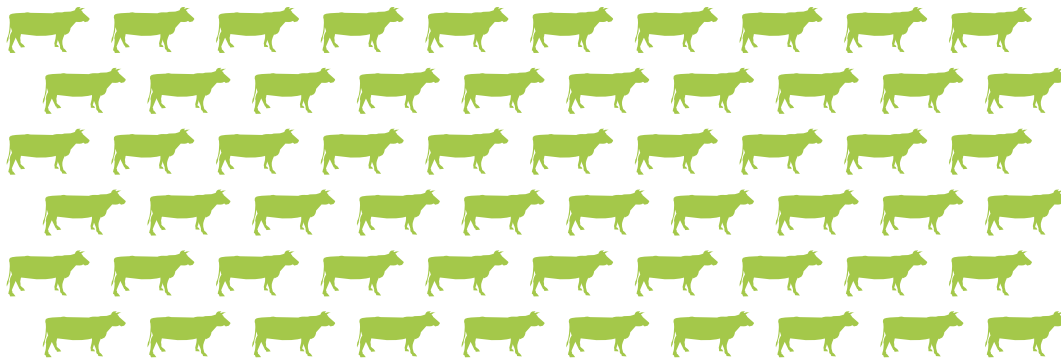
Ca. **2,13** Mio.

Tierarten von den geschätzten 8,7 Mio. Arten weltweit sind bisher bestimmt und benannt.

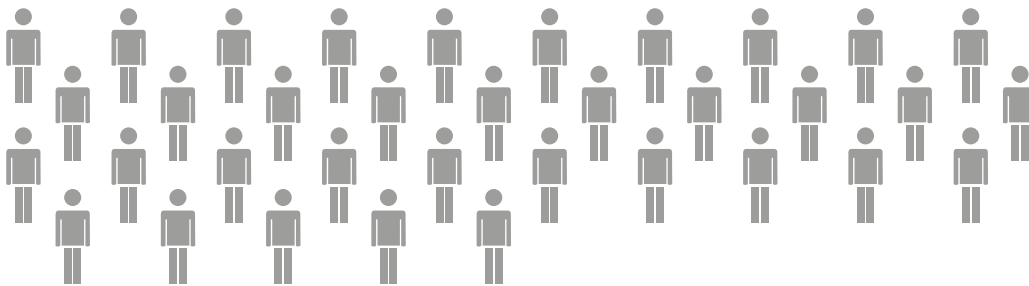
Taxonomie der Tiere auf einen Blick



Weltweite Biomasse der Landwirbeltiere



60 % Nutztiere



35 % Menschen

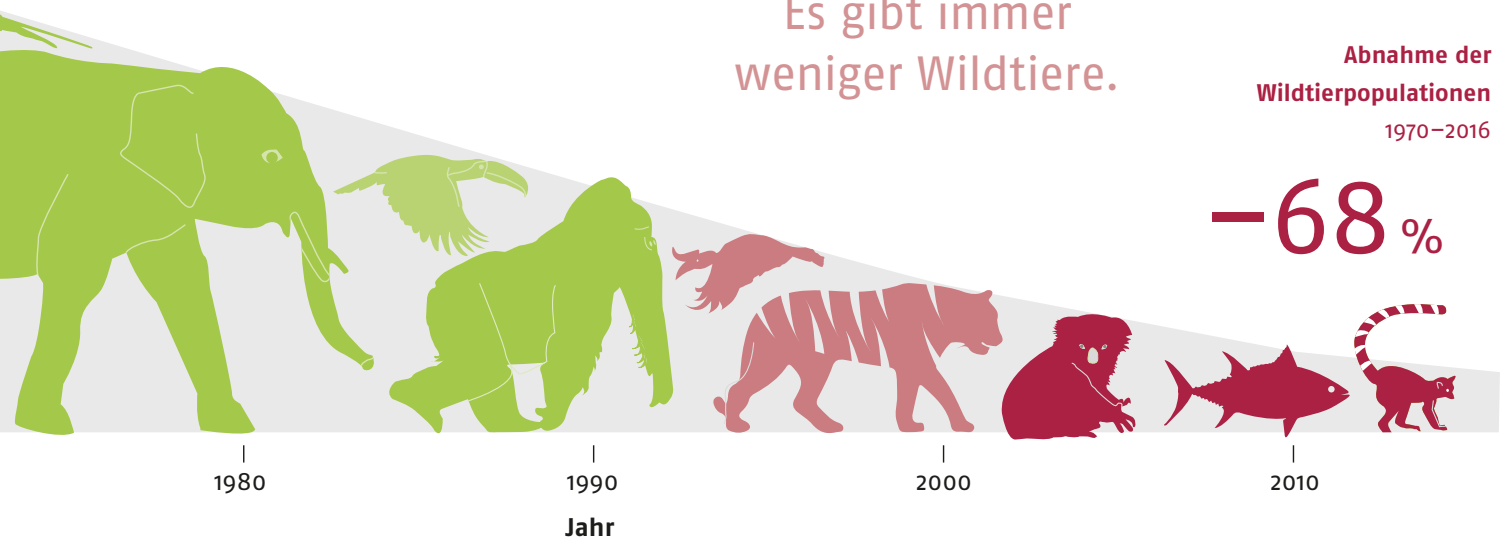


5 % Wildtiere

Es gibt immer weniger Wildtiere.

Abnahme der Wildtierpopulationen
1970–2016

-68 %

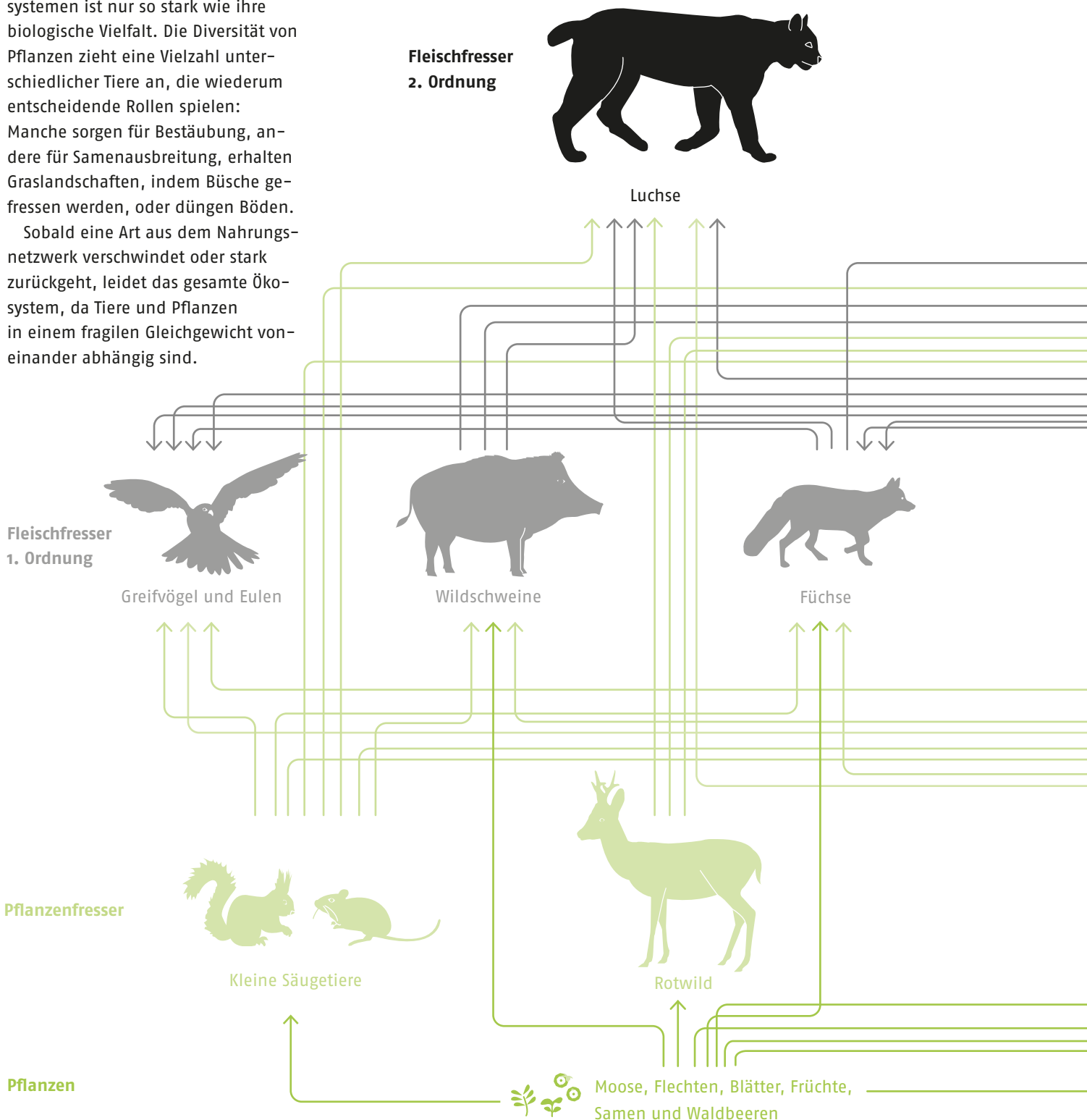


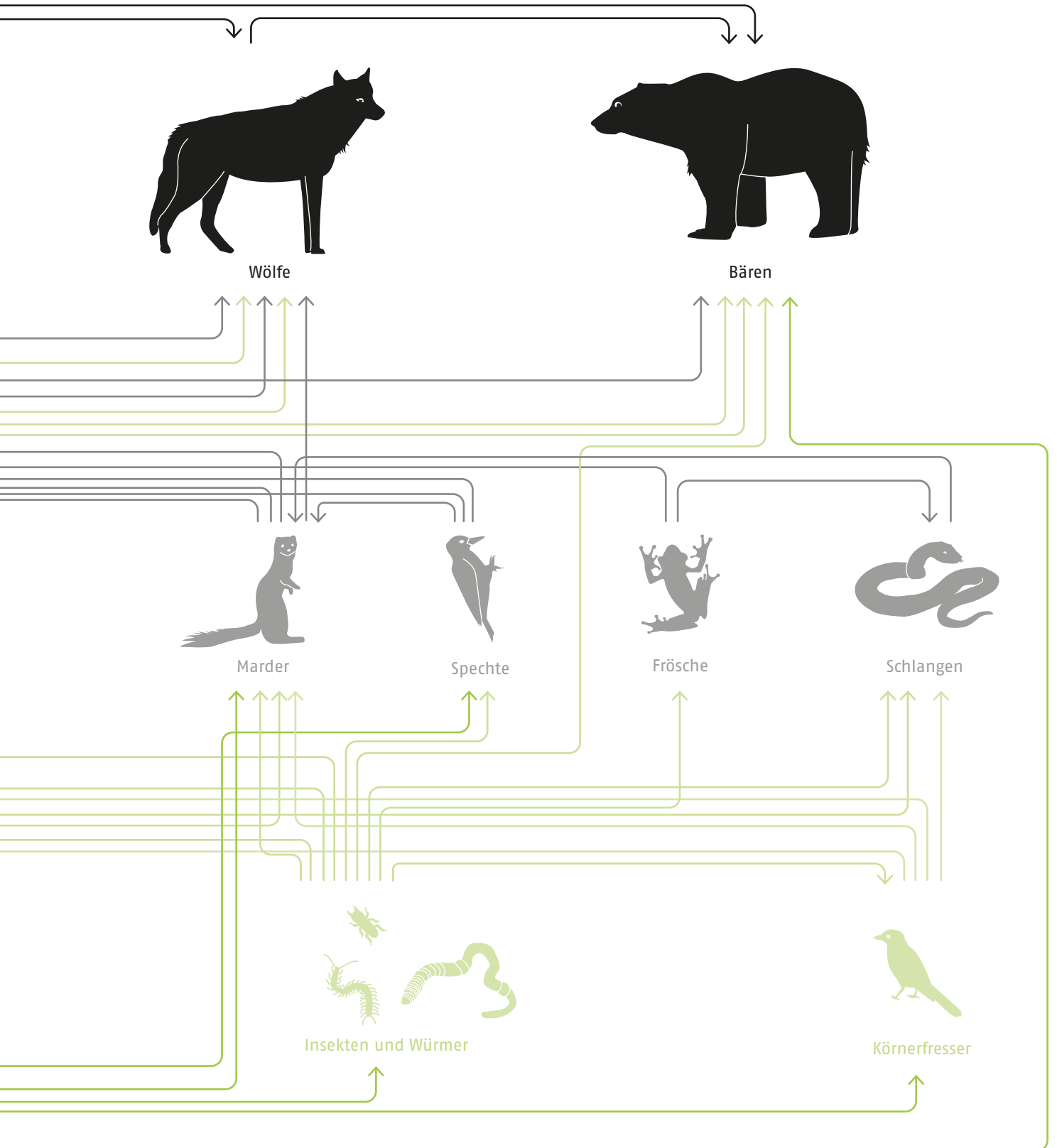
Komplexes Nahrungsnetz

Die Regenerationsfähigkeit von Ökosystemen ist nur so stark wie ihre biologische Vielfalt. Die Diversität von Pflanzen zieht eine Vielzahl unterschiedlicher Tiere an, die wiederum entscheidende Rollen spielen: Manche sorgen für Bestäubung, andere für Samenausbreitung, erhalten Graslandschaften, indem Büsche gefressen werden, oder düngen Böden.

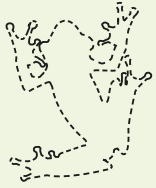
Sobald eine Art aus dem Nahrungsnetzwerk verschwindet oder stark zurückgeht, leidet das gesamte Ökosystem, da Tiere und Pflanzen in einem fragilen Gleichgewicht voneinander abhängig sind.

Nahrungsnetz in einem Wald auf der Nordhalbkugel:





Verlust von Waldbewohnern



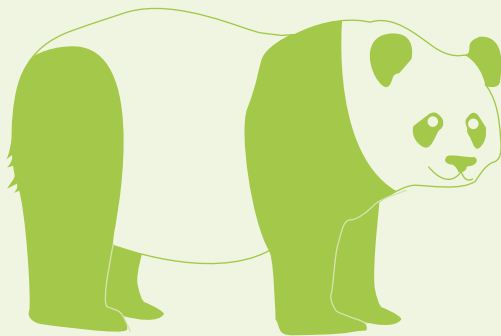
Mount-Glorious-Torrent-Frosch



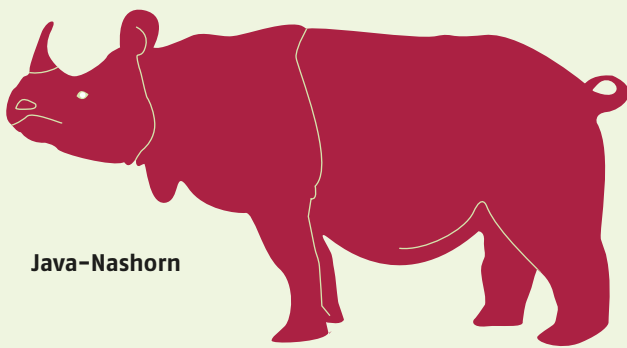
Serbischer Grashüpfer



Blaue Ornamentvogelspinne



Großer Panda



Java-Nashorn

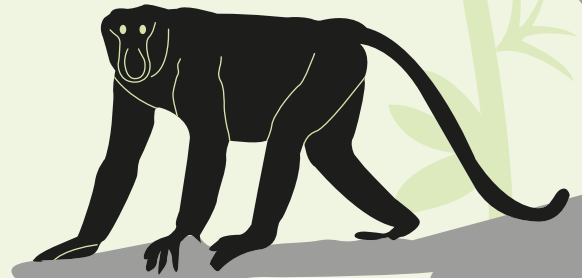


Tiger

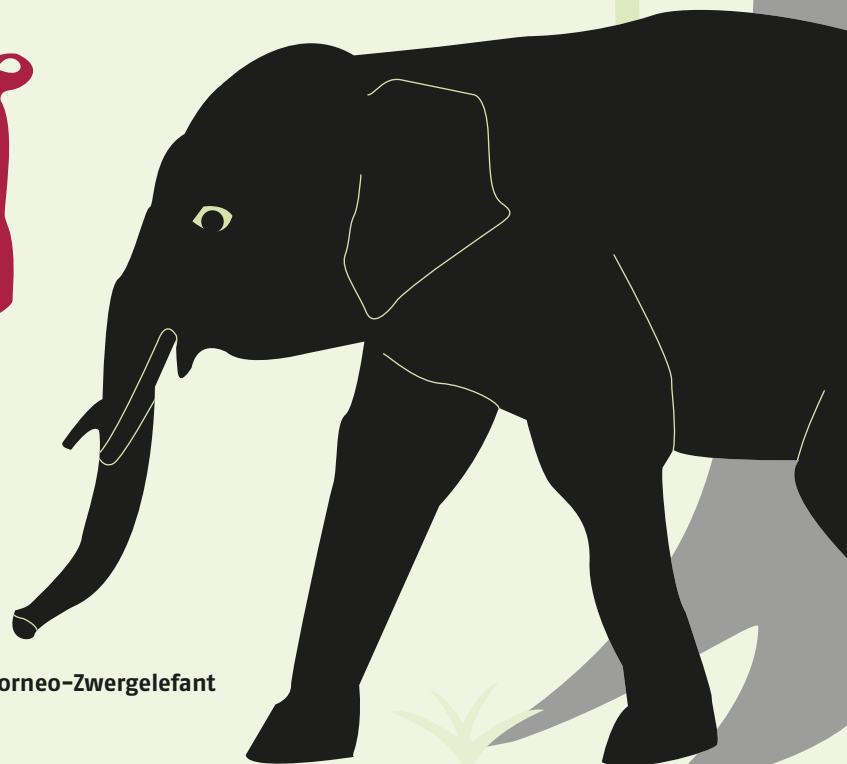
Rhinozerosvogel



Rostig gefleckte Hummel

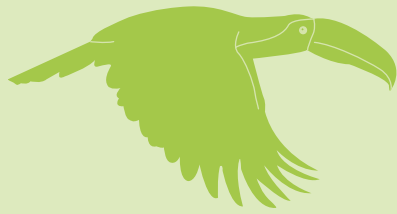


Nasenne



Borneo-Zwergelopard

Kategorien der IUCN ■ gefährdet ■ stark gefährdet ■ vom Aussterben bedroht ausgestorben

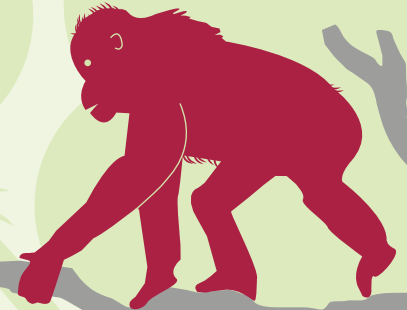


Weißbrusttukan



Hyazinthara

Tapanuli-Orang-Utan



Koala



Kragenfaltier

Goldenes
LöwenäffchenMarchs Palm-
lanzenotter

Peleng-Koboldmaki



Okinawa-Specht



Geschätzte **41%**
weniger Arten leben in
degradierten tropischen
Regenwäldern im Gegensatz
zu intakten Wäldern.



Katta

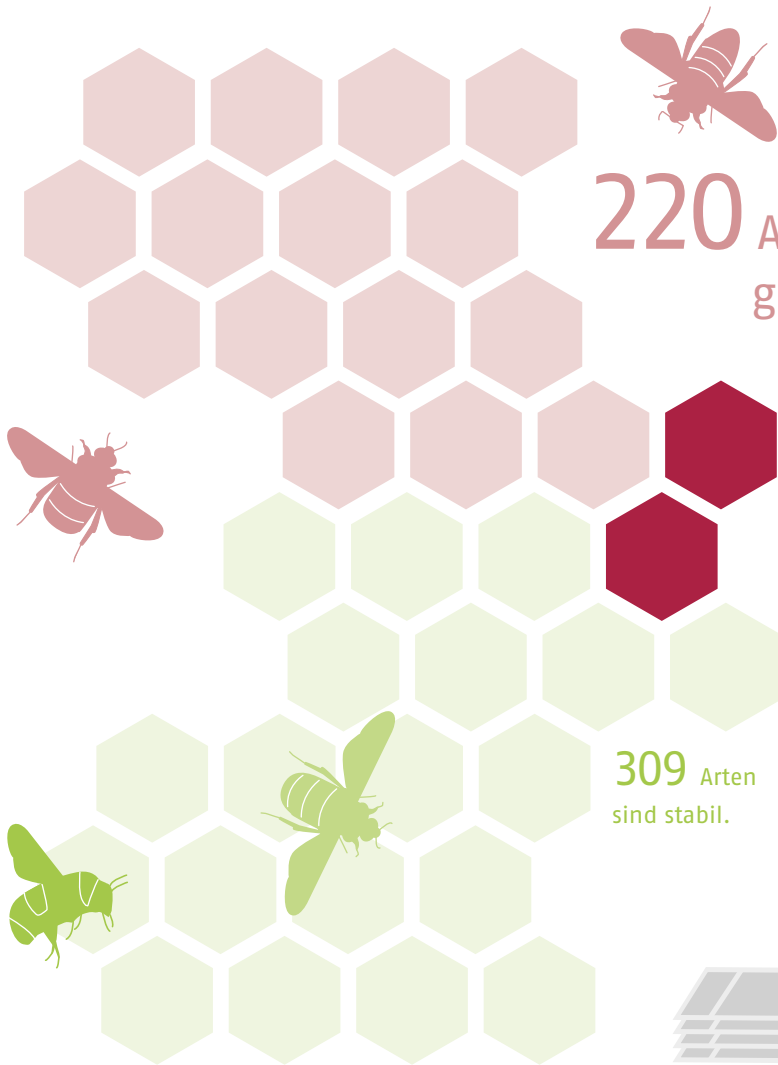
Östlicher Gorilla



Tasmanischer Tiger

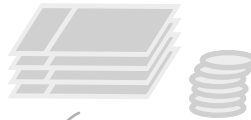
Unterschätzte Insekten

Mehr als **560** Wildbienenarten gibt es in Deutschland.



Ca. **3300 €/ha**

erwirtschaften Wildbienen durchschnittlich, das ist ihr Beitrag zur Nahrungsmittelproduktion. Damit sind sie etwas produktiver als Honigbienen (2900 €/ha).



Ca. **35 %**

der weltweiten Nahrungspflanzen hängen von Bestäuberinsekten wie Bienen, Wespen, Motten, Fliegen und Schmetterlingen ab. Bestäuber sind essenziell wichtig für die Stabilität der Nahrungsmittelversorgung.

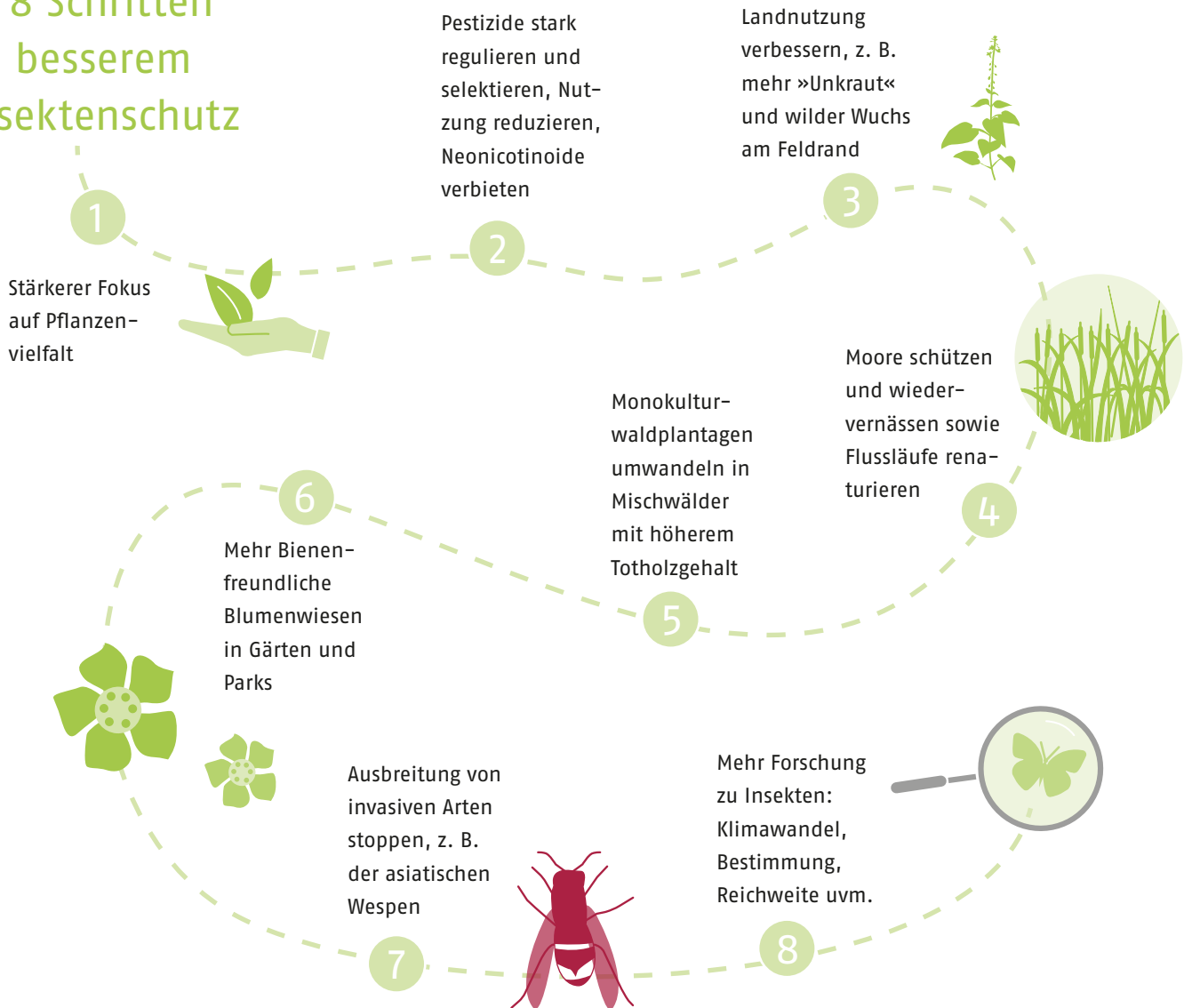




Hauptgründe für den Artenverlust



In 8 Schritten zu besserem Insektenschutz



Eisige Lebens- räume

Arktis

Akklimatisierung

Tiere versuchen, sich an die neuen klimatischen Bedingungen anzupassen, indem sie Fressverhalten, Stoffwechsel, Atmung, Blutdruck oder Wasser- und Nährstoffaufnahme verändern.

Neue Fressfeinde

Invasive Arten verändern die Nahrungsbeziehungen. Orkas z. B. jagen schon jetzt vermehrt Narwale in der eisfreien kanadischen Arktis und gefährden dort deren Populationen.

Gesundheit

Durch den erhöhten Aufwand bei der Nahrungssuche nimmt der Gesundheitszustand der Tiere ab, Mangelernährung und Untergewicht treten häufiger auf.

Schütze die Arktis!

Das »Arctic Animal Movement Archive« vereint 15 Mio. Bewegungsmuster aus Studien von 1991 bis heute und zeigt den Wandel der Arktis aus Tiersicht: www.movebank.org

Abwanderung

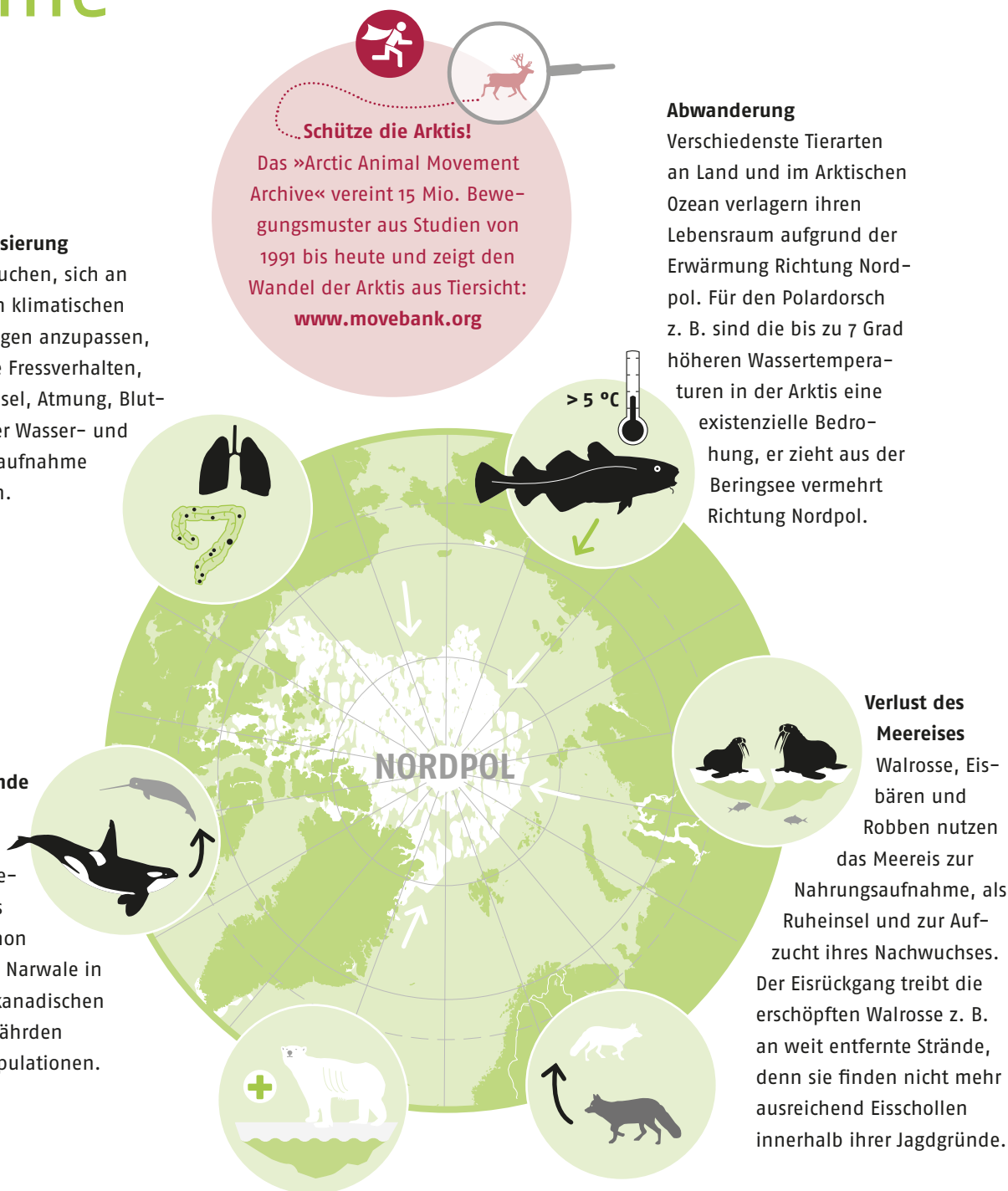
Verschiedenste Tierarten an Land und im Arktischen Ozean verlagern ihren Lebensraum aufgrund der Erwärmung Richtung Nordpol. Für den Polardorsch z. B. sind die bis zu 7 Grad höheren Wassertemperaturen in der Arktis eine existenzielle Bedrohung, er zieht aus der Beringsee vermehrt Richtung Nordpol.

Verlust des Meereises


Walrosse, Eisbären und Robben nutzen das Meereis zur Nahrungsaufnahme, als Ruheinsel und zur Aufzucht ihres Nachwuchses. Der Eisrückgang treibt die erschöpften Walrosse z. B. an weit entfernte Strände, denn sie finden nicht mehr ausreichend Eisschollen innerhalb ihrer Jagdgründe.


Invasive Arten

An Land, im Meer und in der Luft: Subarktische Arten breiten sich weiter Richtung Norden aus. In Alaska z. B. vertreiben Rotfüchse bereits Polarfüchse.




Status der Kaiserpinguin-
kolonien, Prognose für 2100

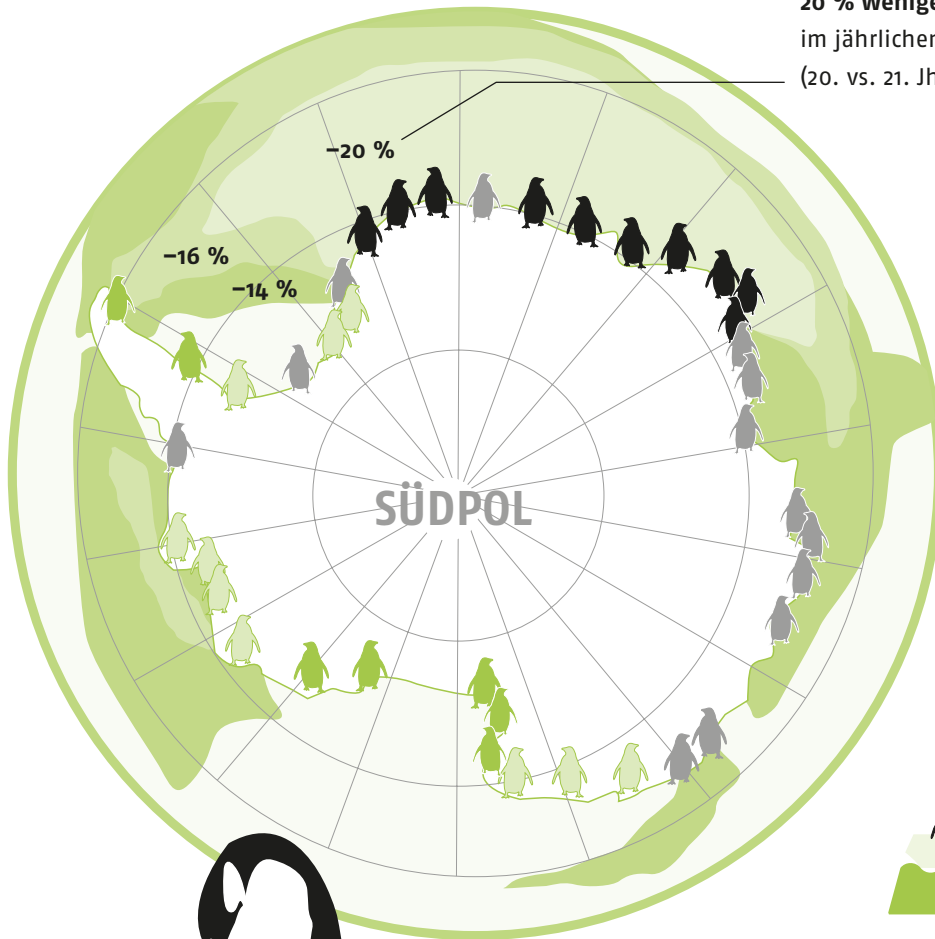
 vom Aussterben
bedroht

 stark
gefährdet

 gefährdet

 nicht bedroht

Antarktis

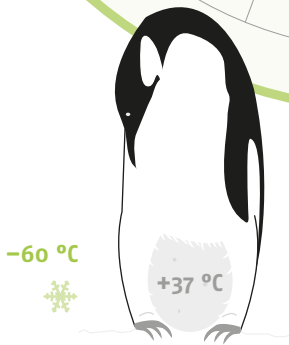


20 % weniger Meereis
im jährlichen Durchschnitt
(20. vs. 21. Jh.)

Um **50 %**
wird die Kaiserpinguin-
population bis 2100 voraus-
sichtlich schrumpfen.

Meereisrückgang

Bis zum Ende des Jahrhun-
derts wird es in der Ant-
arktis teils deutlich weniger
Meereis geben. Kaiserpin-
guine benötigen allerdings
stabile Meereisflächen, um
ihren Nachwuchs 8 Monate
lang aufzuziehen.



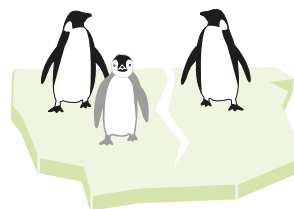
Im Mai legt das
Weibchen auf dem
Eis ein Ei, welches
das Männchen
2 Monate ausbrütet,
während die Mutter
im Ozean jagen geht.



Ca. 65 Tage später
schlüpft das Küken
und wird – jetzt von
der Mutter – unter
den Bauchfedern
weitere 50 Tage
warm gehalten und
gefüttert.



Nach 2 Monaten
gehen beide Eltern
auf die Jagd, und die
Jungen versammeln
sich in Gruppen auf
dem Eis, um sich
warm zu halten. Das
Meereis hat jetzt ide-
alerweise die größte
Ausdehnung erreicht.

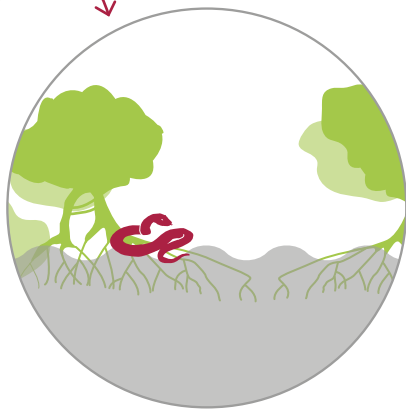


Die Familie zieht
näher an den Rand
des Meereises, die
Jungtiere werden
flügge, verlieren ihre
Babydaunen und
beginnen erste Jagd-
versuche. Das Meereis
beginnt zu brechen
und zu schmelzen.



Das Gefieder ist nun
wasserresistent, und
die Tiere sind bereit
für lange Tauchgänge
und jagen eigenstän-
dig im tieferen Ozean.
Das Meereis hat im
besten Fall jetzt erst
die geringste Ausdeh-
nung.

Auf dem Vormarsch: invasive Arten



Amphibien

Burmesische Python

Ausgesetzte exotische Haustiere werden zu invasiven Arten, wenn sie keine natürlichen Feinde haben, perfektes Klima und reichlich Nahrung vorfinden. Im Everglades-Nationalpark in Florida ist die Burmesische Python für den Rückgang von mehreren Säugetierarten verantwortlich.

Vögel

Indianermeise

Einst als südliche Art bekannt, hat die Indianermeise sich seit Anfang des 20. Jahrhunderts von New Jersey bis ins 1200 km nördlichere Maine ausgebreitet.



48 %

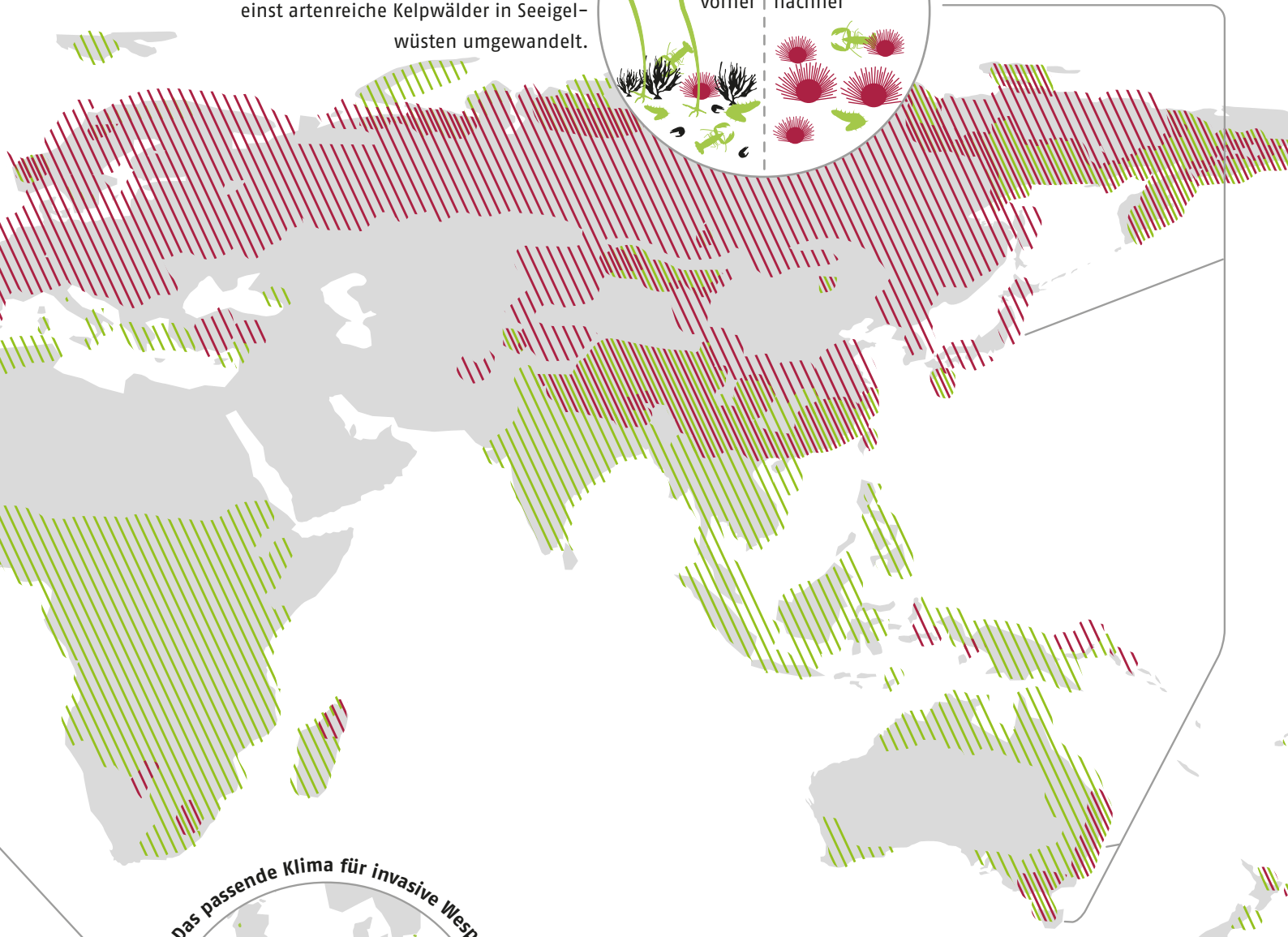
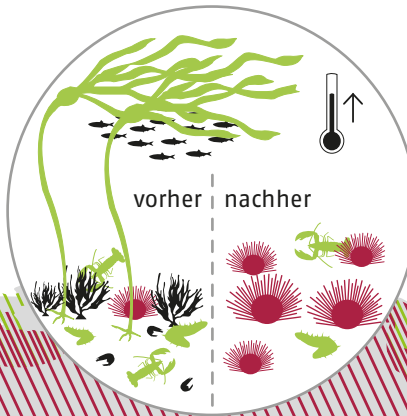
größere Reichweite,
1966–2017

Status der invasiven Arten (Zeitraum 2000–2100) mehr invasive Arten weniger invasive Arten beides

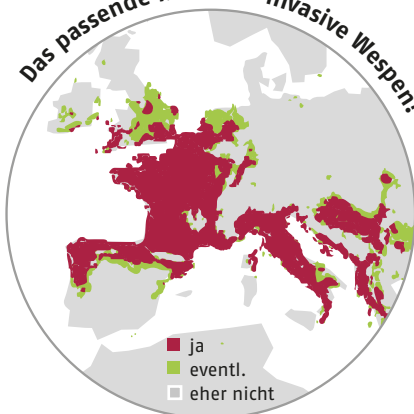
Meerestiere

Seeigel

Die tropischen Pflanzenfresser, die in gemäßigten Breiten eindringen, haben in Japan, in Tasmanien und an der Ostküste Australiens einst artenreiche Kelpwälder in Seeigelwüsten umgewandelt.



Das passende Klima für invasive Wespen?



Vorhersage für 2100

Insekten

Asiatische Wespe

Invasive Art in Frankreich, Italien und dem Norden Spaniens, die sich durch das wärmere Klima weiter ausbreitet. Sie tötet die einheimischen Bienen.

heimische Biene

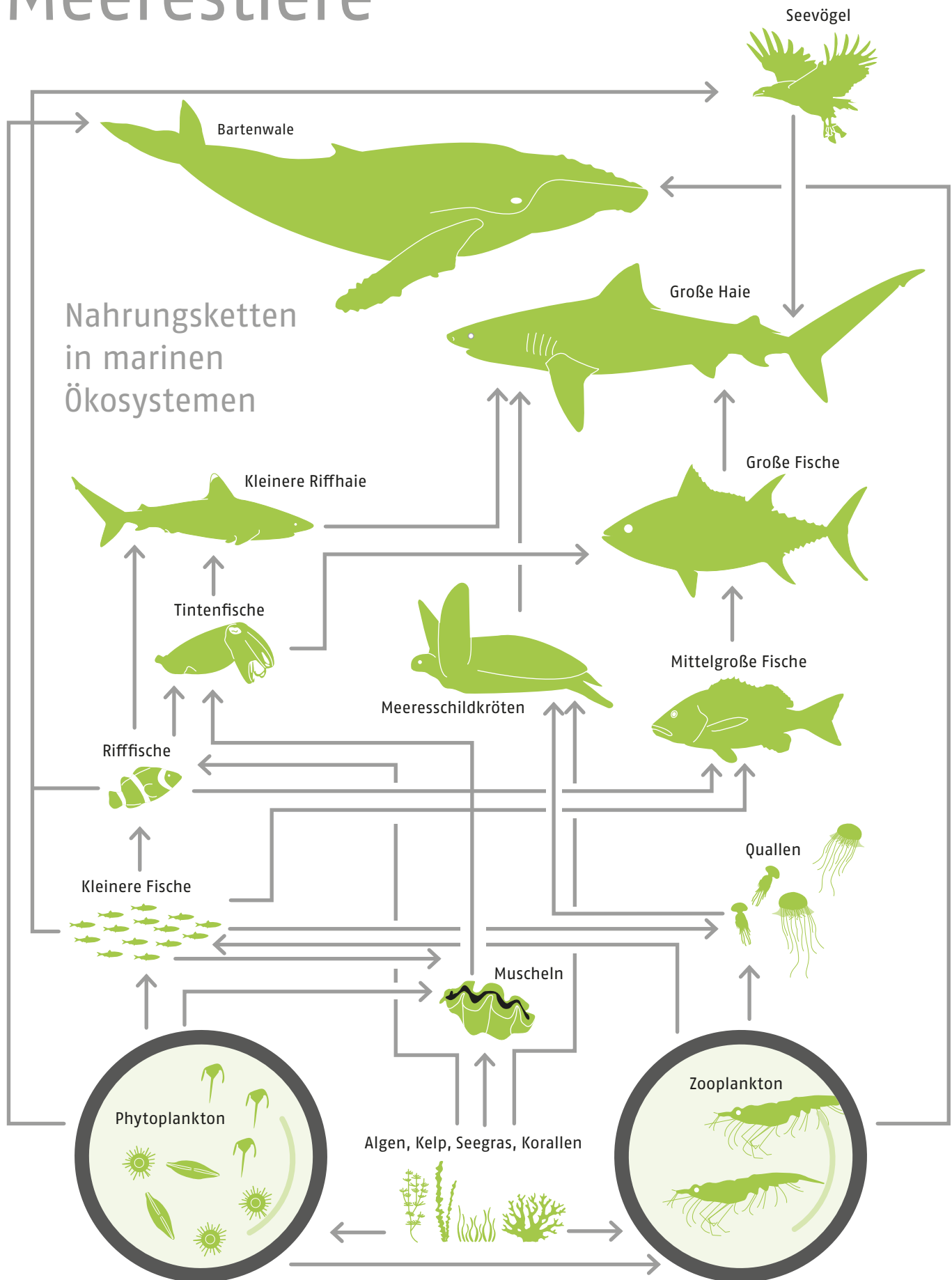


Asiatische Wespe

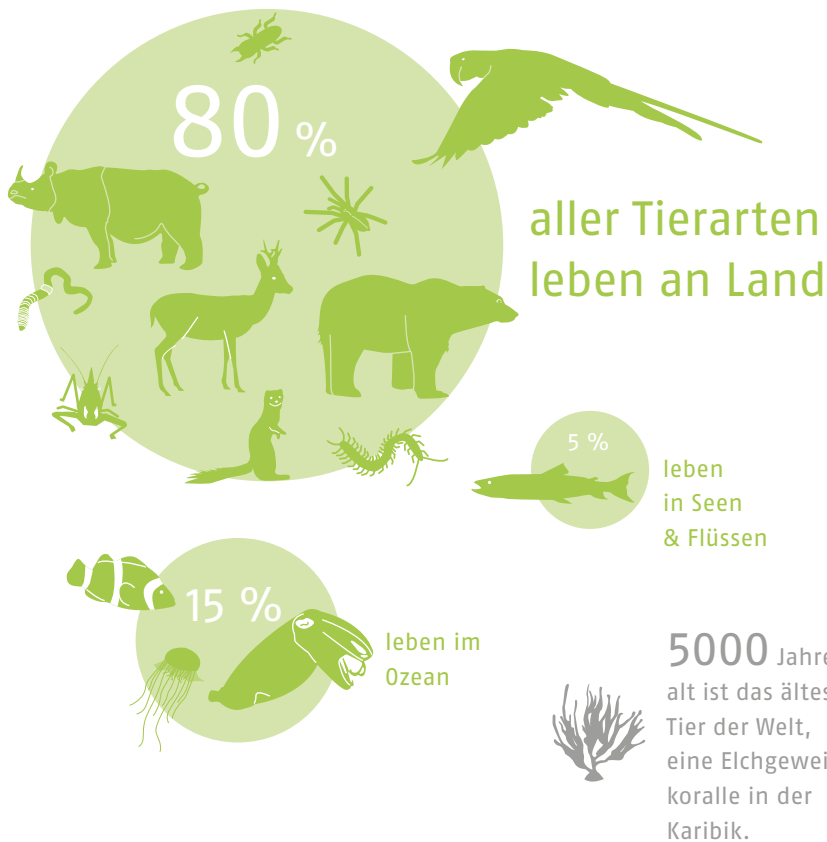
VS.



Meerestiere



Artenvielfalt im Vergleich Land vs. Ozean



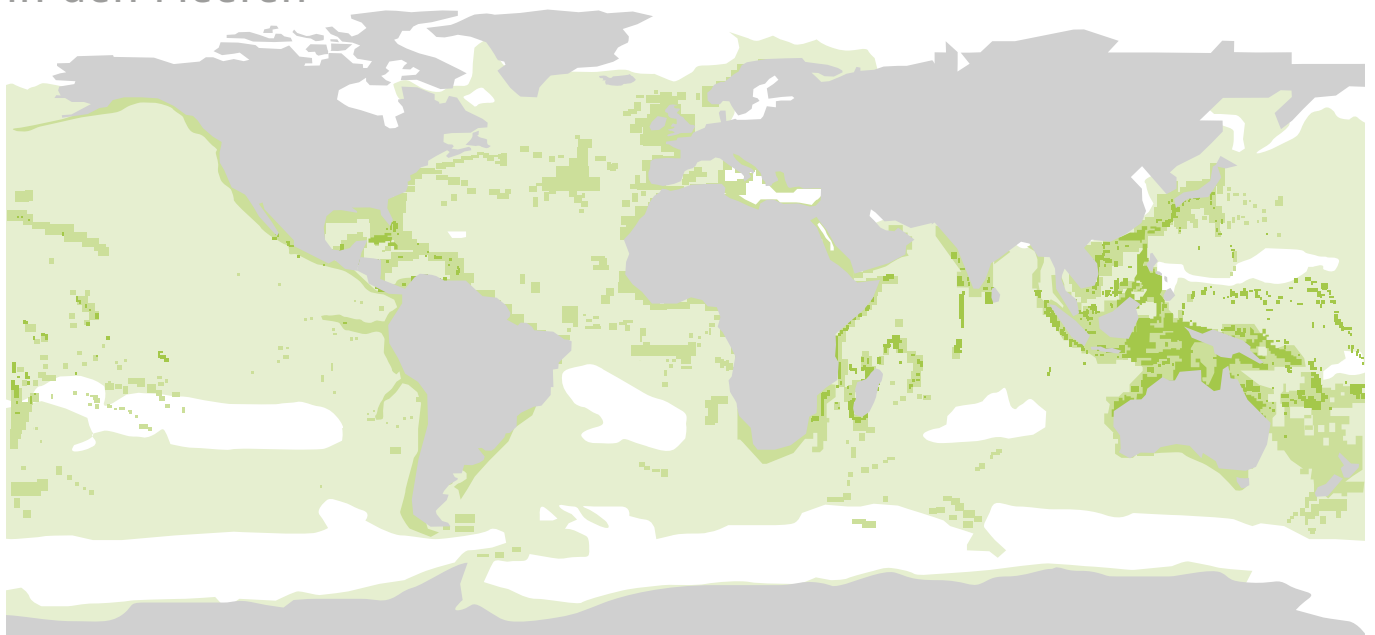
Unsere Meere beheimaten unzählige Tier- und Pflanzenarten. Täglich werden neue Mitglieder der uns noch so unbekannteren Ökosysteme entdeckt.

Die Dezimierung oder das Verschwinden jeder einzelnen Art hat negative Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem. Gerade deshalb ist die rapide Abnahme der marinen Biodiversität sehr bedenklich: Seit der Industrialisierung hat sich die Artenvielfalt in einigen Gebieten um 65 bis 90 Prozent vermindert.

Der Grund ist die Zerstörung vieler mariner Lebensräume durch den Menschen – mit Grundschleppnetzen werden die Meeresböden durchpflügt, Küstenfeuchtgebiete werden durch Überdüngung und Bebauung zerstört, und die Vermüllung mit Plastik reicht bis in die entlegensten und tiefsten Regionen der Weltmeere.

Die Konsequenzen sind fatal: Die Anpassungsfähigkeit in Zeiten des Klimawandels und die Produktivität von Ökosystemen nehmen mit jeder weiteren ausgerotteten Art weiter ab.

Hotspots der Artenvielfalt in den Meeren



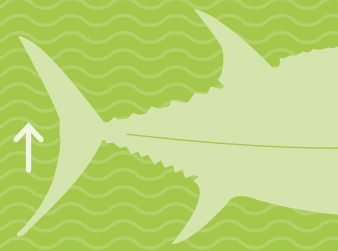
Artenvielfalt ■ sehr hoch (3364–8290*) ■ hoch (554–3363) ■ mittel (92–553) □ niedrig (1–91)

*Artenanzahl pro 0,5 Grad Längen- und Breitengrad

Auf der Roten Liste

(durch Überfischung und Beifang)

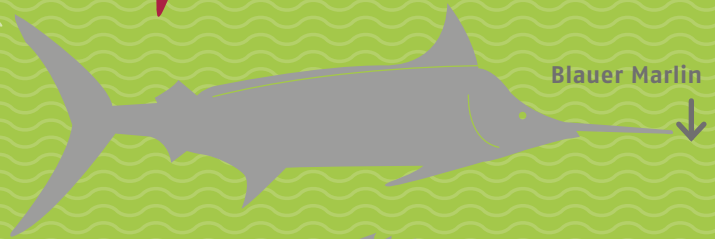
Südlicher Blauflossen-Thunfisch ↑



↓ Großaugen-Thunfisch



↓ Echte Karettschildkröte



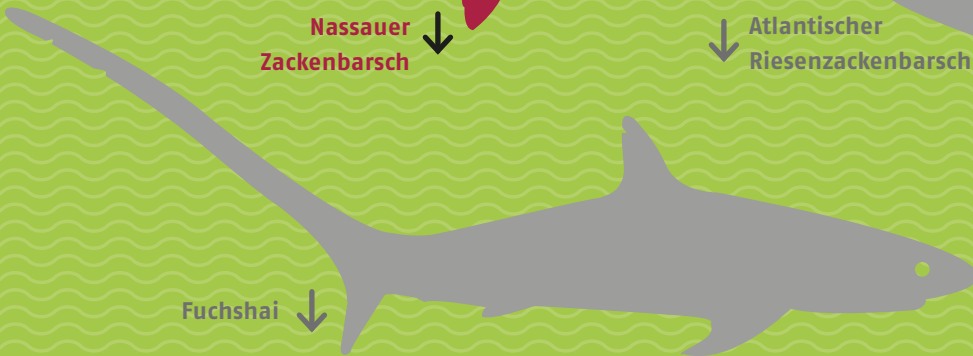
↓ Blauer Marlin



↓ Nassauer Zackenbarsch



↓ Atlantischer Riesenzackenbarsch



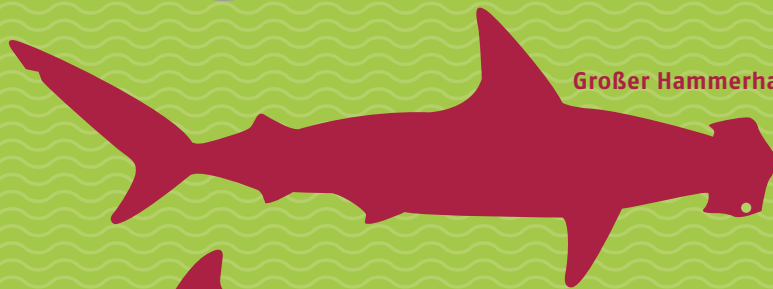
↓ Fuchshai



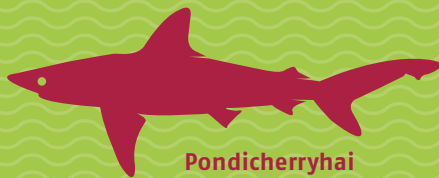
↓ Sachalin taimen (Lachsart)



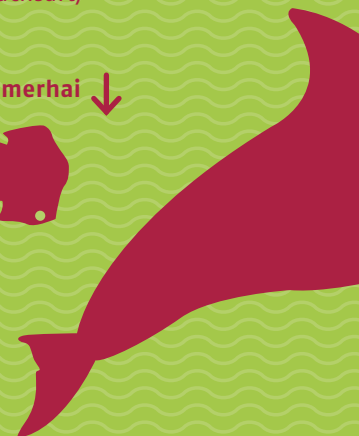
↓ Riesenmanta



↓ Großer Hammerhai



Pondicherryhai



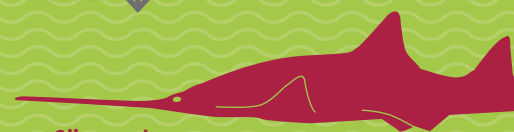
↓ Teufelsrochen



↓ Glattrochen



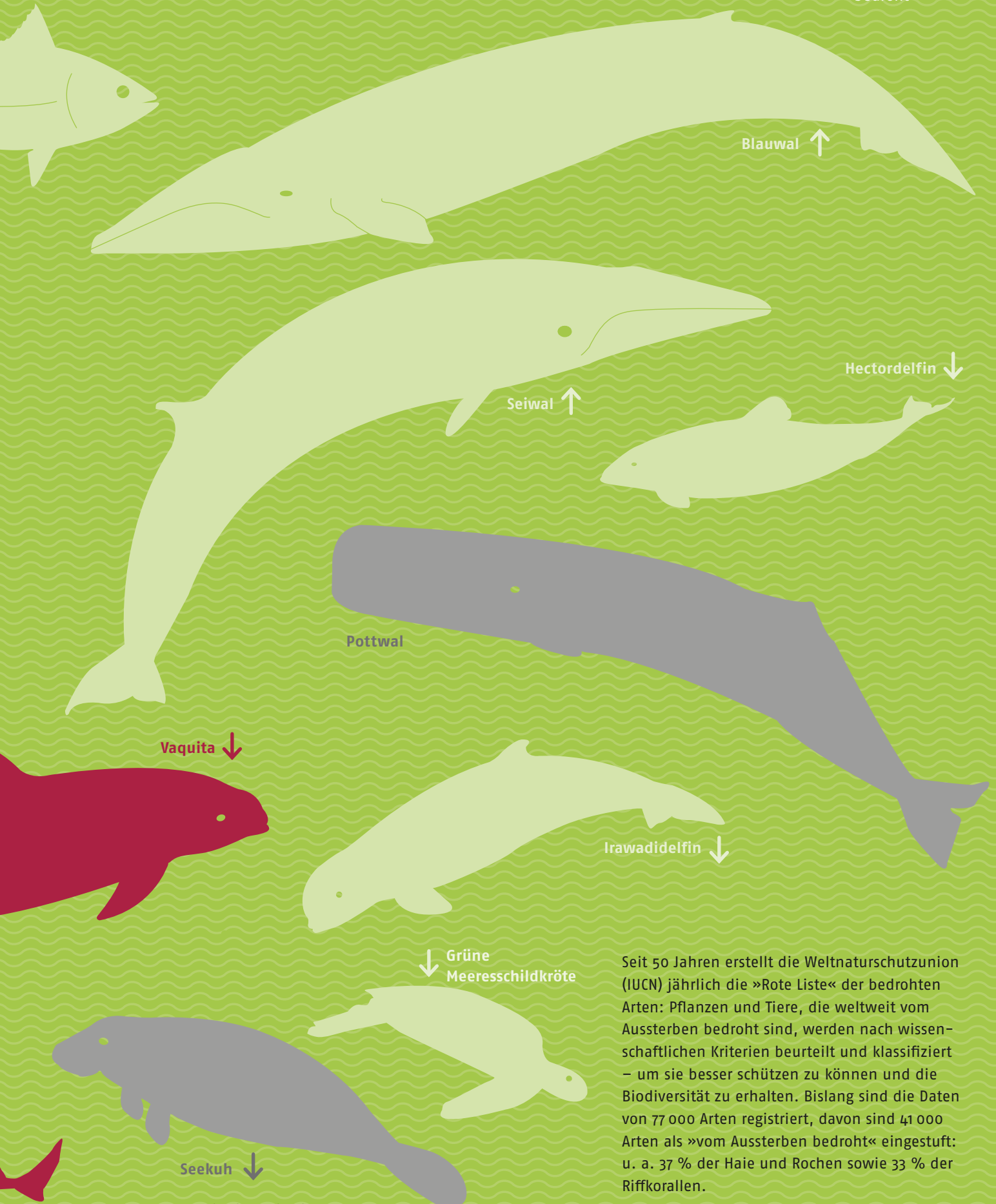
↓ Totoaba



Sägerochen

Tendenz ↑ Zunahme ↓ Abnahme

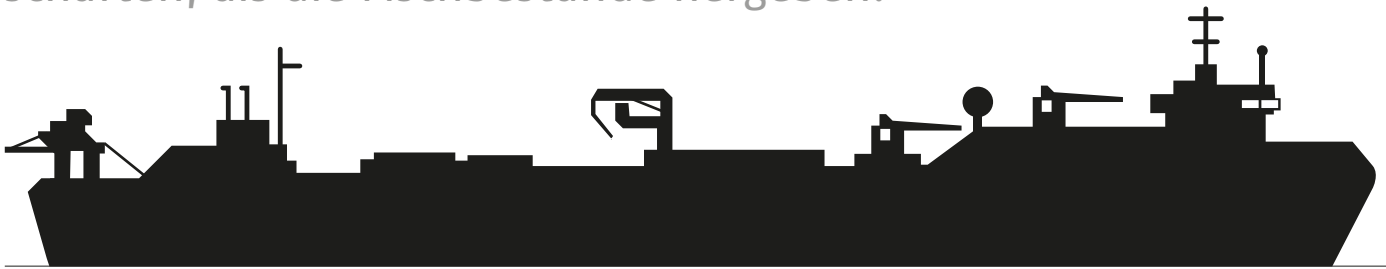
Status (2022) █ gefährdet █ stark gefährdet █ vom Aussterben bedroht



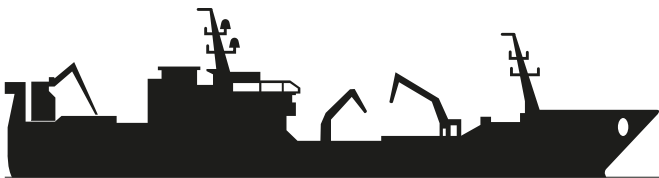
Seit 50 Jahren erstellt die Weltnaturschutzunion (IUCN) jährlich die »Rote Liste« der bedrohten Arten: Pflanzen und Tiere, die weltweit vom Aussterben bedroht sind, werden nach wissenschaftlichen Kriterien beurteilt und klassifiziert – um sie besser schützen zu können und die Biodiversität zu erhalten. Bislang sind die Daten von 77 000 Arten registriert, davon sind 41 000 Arten als »vom Aussterben bedroht« eingestuft: u. a. 37 % der Haie und Rochen sowie 33 % der Riffkorallen.

Gigantische Fischereiflotte

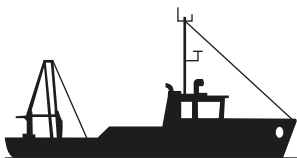
Die weltweite Fischfangflotte wird auf 4,7 Millionen Schiffe geschätzt. Sie haben das Potenzial, einen weit größeren Fang zu erwirtschaften, als die Fischbestände hergeben.



Supertrawler mit Fischfabrik, 120–144 m,
kann mehrere Monate auf See sein



Fischtrawler mit Fischfabrik, 70–90 m,
ist ca. 1–2 Monate auf See



Fangschiff, 25–45 m,
ist ca. 1–4 Wochen auf See

Traditionelles Fischerboot, 7–10 m,
ist maximal 1 Tag auf See



0 m

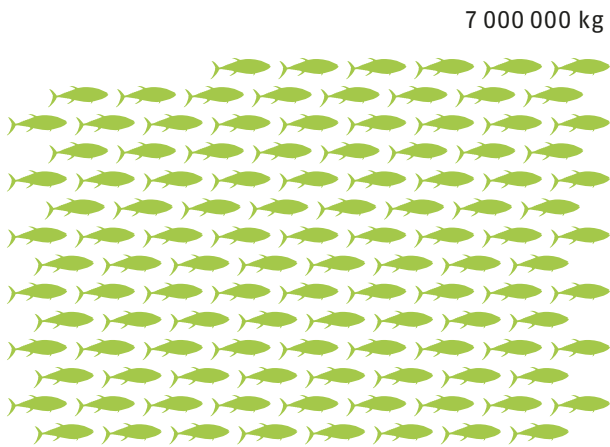
50 m

100 m

140 m

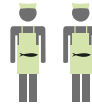
 250 000 Menschen  60 000 kg Fisch

Maximale Fangmenge pro Ausfahrt



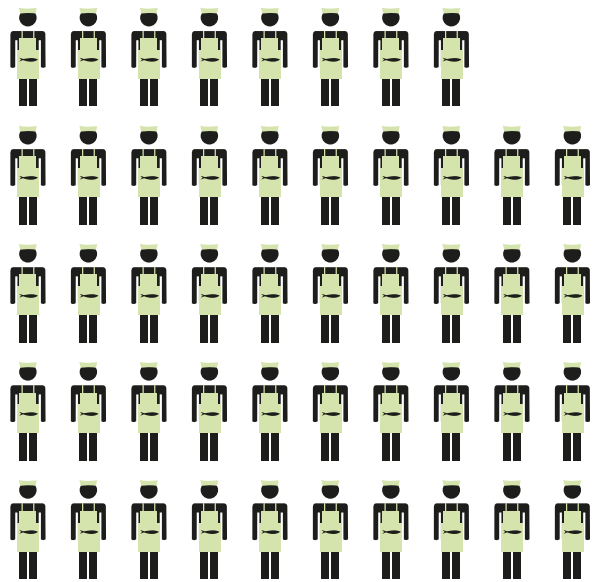
Beschäftigte in der industriellen Fischerei

500 000 Menschen

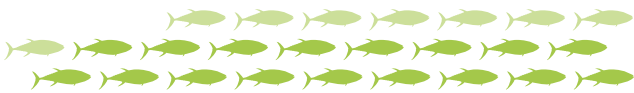


Beschäftigte in der traditionellen Fischerei weltweit

12 000 000 Menschen



1 000 000–1 500 000 kg



60 000 kg



30–300 kg



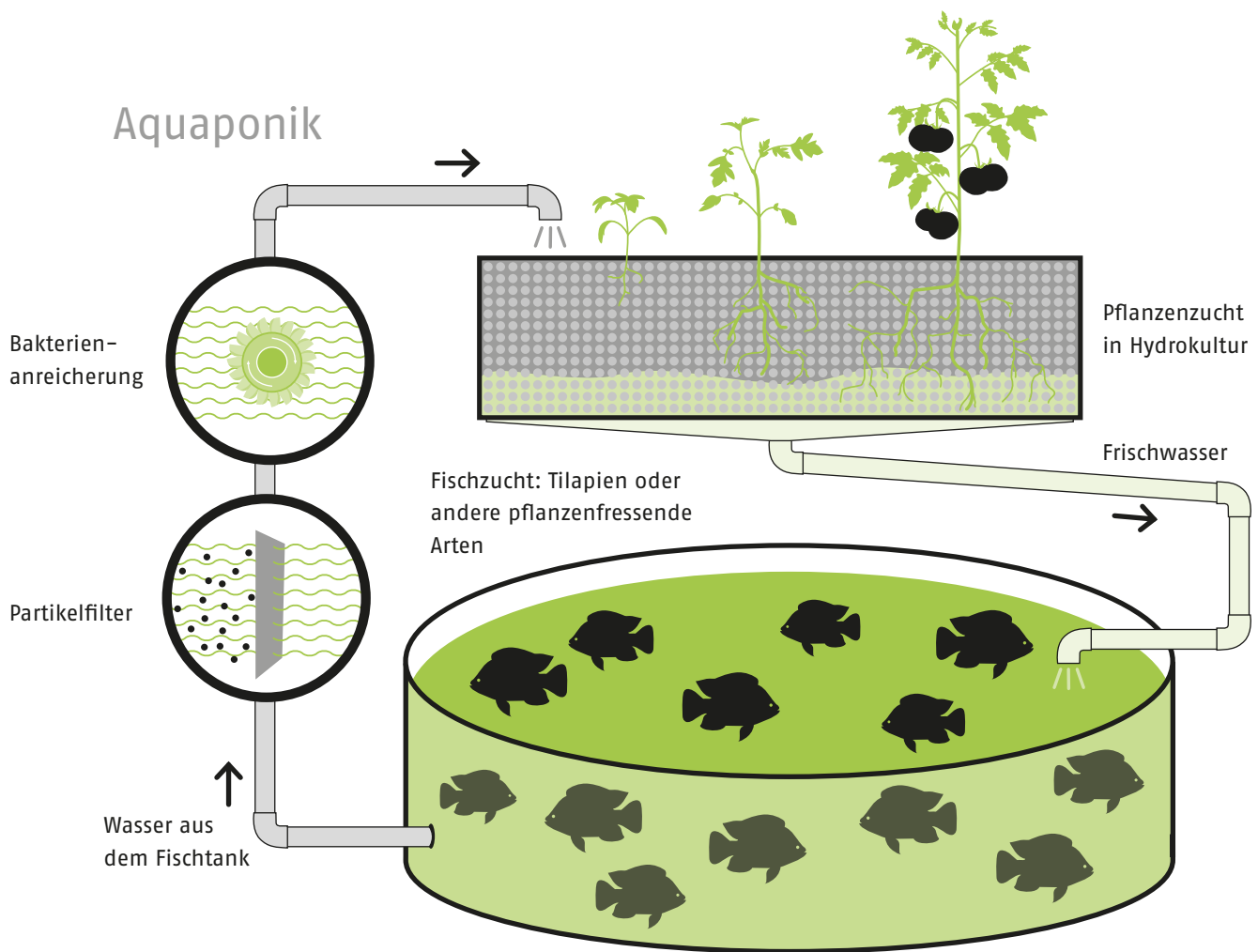
Überfischung aufhalten

Fischbestände gelten dann als »überfischt«, wenn dauerhaft mehr Fische gefangen werden als durch natürliche Vermehrung nachkommen oder zuwandern. Das zeigt sich zum Beispiel darin, dass trotz Verbesserung der Fangtechnik, längerer Fangfahrten und gesteigertem Fischereiaufwand die Fangmenge immer kleiner wird. Etwa 30 bis 55 % der Bestände sind laut wissenschaftlichen Schätzungen und Berechnungen überfischt oder zusammengebrochen. Ein Bestand ist »zusammengebrochen«, wenn er in nur wenigen Jahren überproportional stark abnimmt und daher eine geringe Chance hat, sich zu erholen. Um nachhaltige Fischerei zu betreiben, müssen weltweit wissenschaftlich fundierte Fangquoten eingeführt und auch durchgesetzt werden.

Fischfangintensität (2020/21)  hoch  mittel



Fischzucht der Zukunft



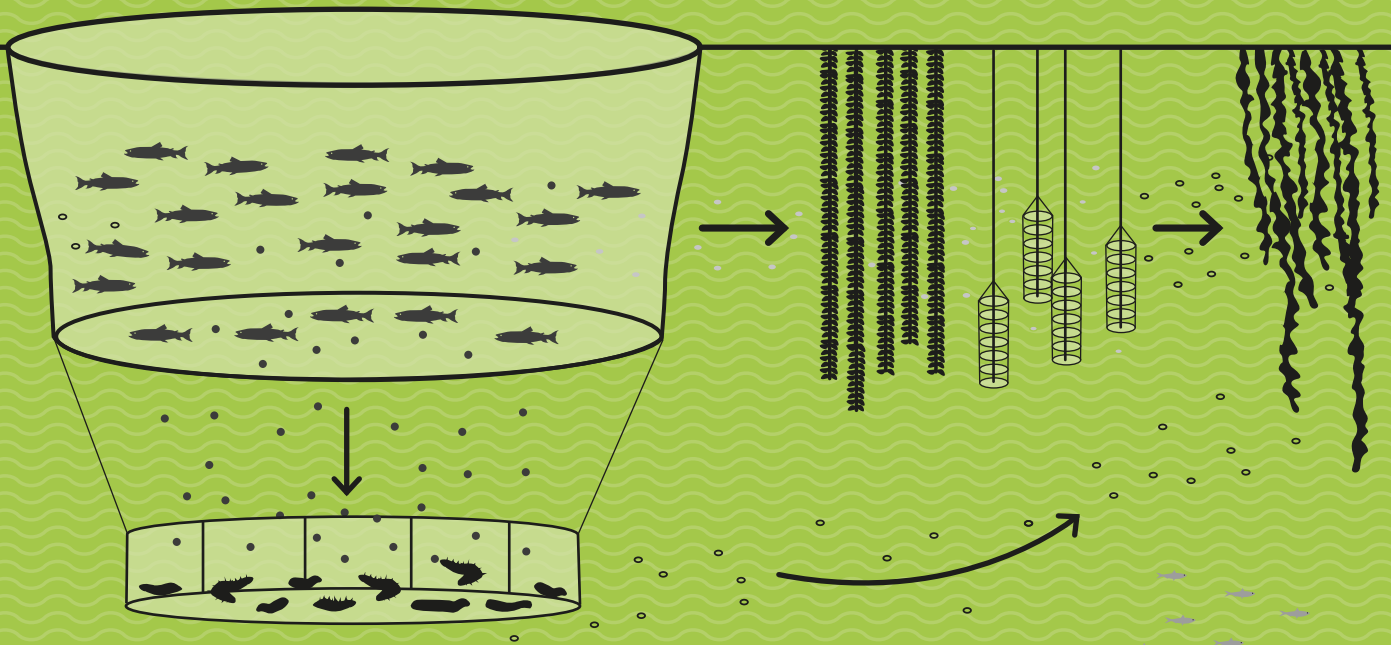
Um die Fischbestände zu entlasten, gibt es Ansätze nachhaltiger Fischzucht, die Kreislaufgedanken folgt. Die sogenannte Aquaponik stellt einen nahezu perfekten Kreislauf dar: Das von den Fischen »verschmutzte« Wasser aus dem Tank wird in die Landwirtschaft zu Tomaten oder anderen Pflanzen gepumpt. Die größten Partikel werden entfernt und Bakterien beigemischt, die es den Pflanzen erleichtern, die Nährstoffe aufzunehmen. Durch den so entstandenen natürlichen Dünger ernähren sich die Pflanzen, wachsen schneller und ertragreicher, wobei sie als positiven Nebeneffekt das Wasser reinigen, das direkt zurück zu den Fischen geleitet wird. Dem

Wasser werden durch die Pflanzen genügend Nährstoffe beigesetzt, sodass sich die Futterorganismen der Fische gut entwickeln können, wodurch sich in einer gut organisierten Farm das Zufüttern der Fische drastisch reduzieren lässt oder fast vollkommen erübrigt. Auch der CO₂-Verbrauch ist durch den Einsatz der Pflanzen viel geringer, da weniger stromintensive Wasserfilterungstechnik eingesetzt werden muss. Zusätzlich bewirken weniger Fische pro Becken und höhere hygienische Standards eine Senkung von Stress und Krankheiten, wodurch ein präventiver Einsatz von Antibiotika unnötig wird.

Integrierte multitrophische Aquakultur

Die Fische in den Netzkäfigen sind die einzige Art im System, bei der zugefüttert wird. Mit ihren Ausscheidungen und Futterresten ernähren sie eine ganze Reihe weiterer Organismen.

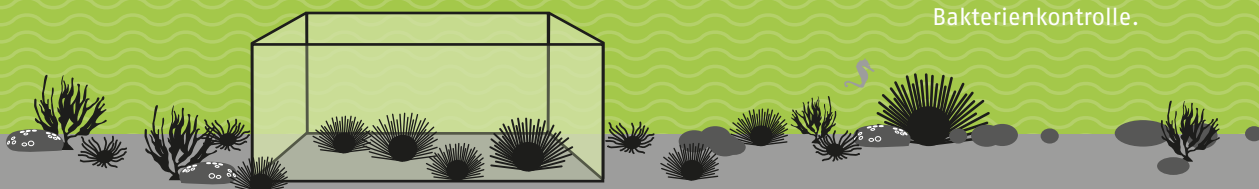
Die Fischeausscheidungen und Futterreste werden zu nebenan gezüchteten Muscheln und Tangen gespült, die dann die Nährstoffe aufnehmen bzw. die Futterpartikel herausfiltern.



Überschüssiges, herabsinkendes Fischfutter und die Ausscheidungen der Fische werden von Seegurken gefressen, die in einem Käfig unterhalb der Fische gehalten werden.

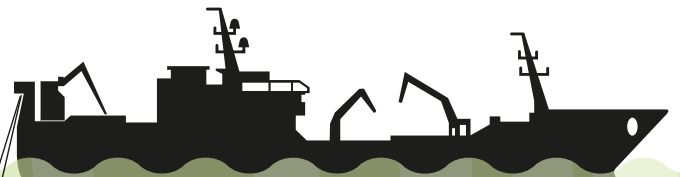
Durch die integrierte multitrophische Aquakultur (IMTA) werden negative Effekte klassischer Fischzucht wie zum Beispiel Überdüngung verhindert und das ökologische Gleichgewicht im Bereich der Zuchtanlagen bleibt erhalten. Diese neuere Art der Aquakultur ist auf dem Weg, das Modell der Zukunft zu werden, denn sie ist zudem ökonomisch: Bei gleichem Futteraufwand und gleicher Fläche kann der Fischzüchter einen größeren Ertrag erzielen und weitere für den Verkauf interessante Arten züchten. Das System folgt dem Prinzip einer Permakultur, dem Gegenteil der Monokultur: Nicht nur eine Art wird gezüchtet, sondern eine Gemeinschaft von Arten. Momentan wird erforscht, welche weiteren Arten den IMTA-Kreislauf komplettieren könnten, auch im Hinblick auf natürliche Parasiten- und Bakterienkontrolle.

Die restlichen Nährstoffe sinken zum Meeresgrund, wo sie verstärktes Algenwachstum bewirken können. Dieser Algenfilm wird dann zum Beispiel von Seegeln abgeweidet.



Laute Ozeane

Der Geräuschpegel in den Ozeanen hat sich seit 1950 durch den wachsenden Schiffsverkehr und die vermehrten seismischen Erkundungen jedes Jahrzehnt verdoppelt.

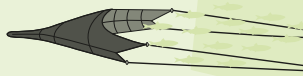


2020



Seit mehreren Jahren wächst die Schiffsaktivität im ostkanadischen Sankt-Lorenz-Strom, parallel dazu begann die Belugawalpopulation zu sinken. Um dem entgegenzuwirken, gilt ein Teil des Flusses inzwischen als Schutzgebiet.

2010

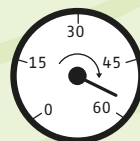


Sonar der Fischfangflotten

2000



Schwertwale um Vancouver Island werden von dem Schiffsverkehr so gestresst, dass sie ihre Schwimgeschwindigkeit erhöhen und die Gegend verlassen, wenn mehr als ein Schiff in der Nähe ist. Dadurch verbrauchen sie wertvolle Energie, die sie sonst auf die Nahrungssuche verwenden könnten.



km/h

1990

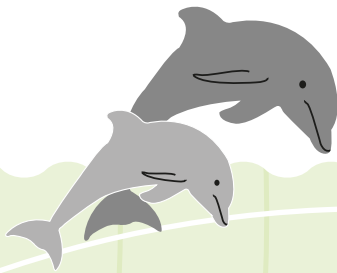
1980

1970

1960

1950

Delfine ändern ihre Tauchlänge und ihren Lebensraum für kurze Zeit, wenn der Lärm des Schiffsverkehrs sie zu sehr stresst. Zudem wird ihre Echoortung durch Sonar gestört.



Walstrandungen können durch ein gestörtes Navigations- und Hörorgan verursacht werden. Seismische Erkundungen mithilfe sogenannter Airguns und U-Boote können die Wale taub machen – so beeinträchtigt, können sie Paarungspartner nicht mehr lokalisieren, finden keine Nahrung mehr und schwimmen ziellos umher.

Andere Wale lokalisieren



Navigieren



Kommunizieren

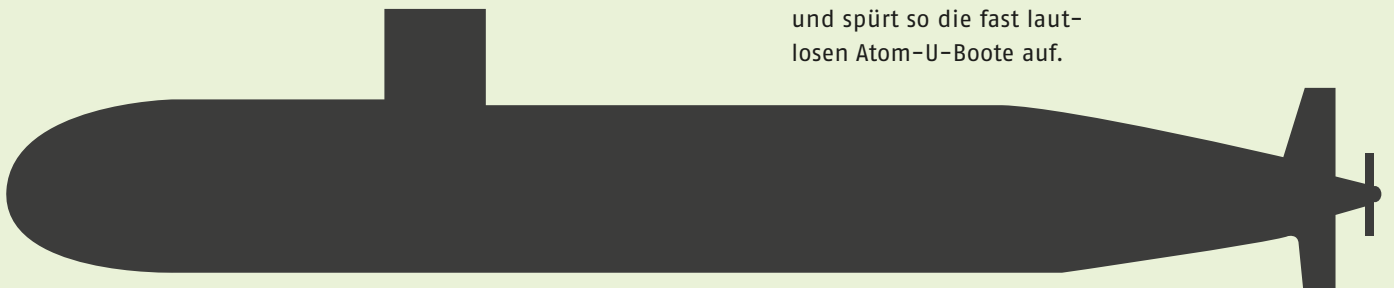
Auf Nahrungssuche gehen



U-Boote mit LFAS-Sonar emittieren Schallwellen von **100 bis 500 Hertz** und Schallstärken bis zu **230 Dezibel**. Das ist lauter als ein Raketentriebwerk (180 dB).



Das sogenannte Low Frequency Active Sonar (LFAS), eingebaut in U-Booten der US Navy, schickt extrem laute Niederfrequenzschallwellen in die Meere und spürt so die fast lautlosen Atom-U-Boote auf.



Wachsende Meeres-schutzgebiete

Um eine nachhaltigere Zukunft für die Menschen und unseren Planeten zu sichern, ist der Ausbau der Meeresschutzgebiete unabdingbar. Schutzzonen erhalten die Biodiversität und tragen so zu einem gesunden Ökosystem bei, welches wiederum besser gegen menschliche Eingriffe, den Klimawandel und daraus resultierende Probleme gewappnet ist.

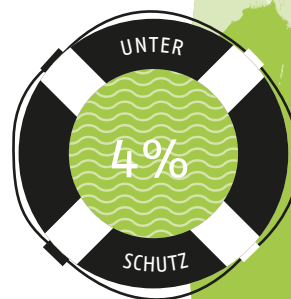
Am effektivsten sind große Schutzgebiete, in denen nicht gefischt werden darf und die über längere Zeit bestehen. Auch für Fischer sind solche Schutzgebiete langfristig vorteilhaft: Außerhalb der Gebiete können sie dann mit konsistent höheren Fangquoten rechnen.

In den letzten 6 Jahren haben sich die geschützten Bereiche verdoppelt. Sie umfassen heute rund 32 Mio. km², das entspricht 8,1 % der Gesamtfläche des Ozeans.

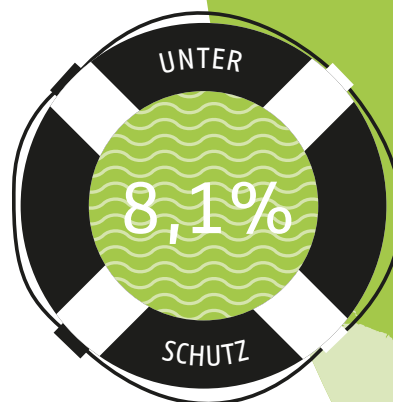
Während die Schutzzonen in nationalen Hoheitsgewässern stetig wachsen, sind die Wachstumsraten in den Hochseeregionen, die keiner Regierung unterstellt sind, minimal. Komplexe rechtliche Richtlinien machen es sehr schwierig, neue Schutzgebiete auf der Hochsee einzurichten.

Die Top 10 beim Meeresschutz sind Palau (78 % unter Schutz), Großbritannien (39 %), Mauritius (29 %), USA (24 %). Es folgen mit bis zu 12 %: Chile, Kiribati, Argentinien, Australien, Mexiko und Ecuador.

2016



2022



Schützt die Meere!

Die Schutzgebiete wachsen stetig, regelmäßig aktualisierte Informationen zu Schutzgebieten gibt es hier: mpatlas.org

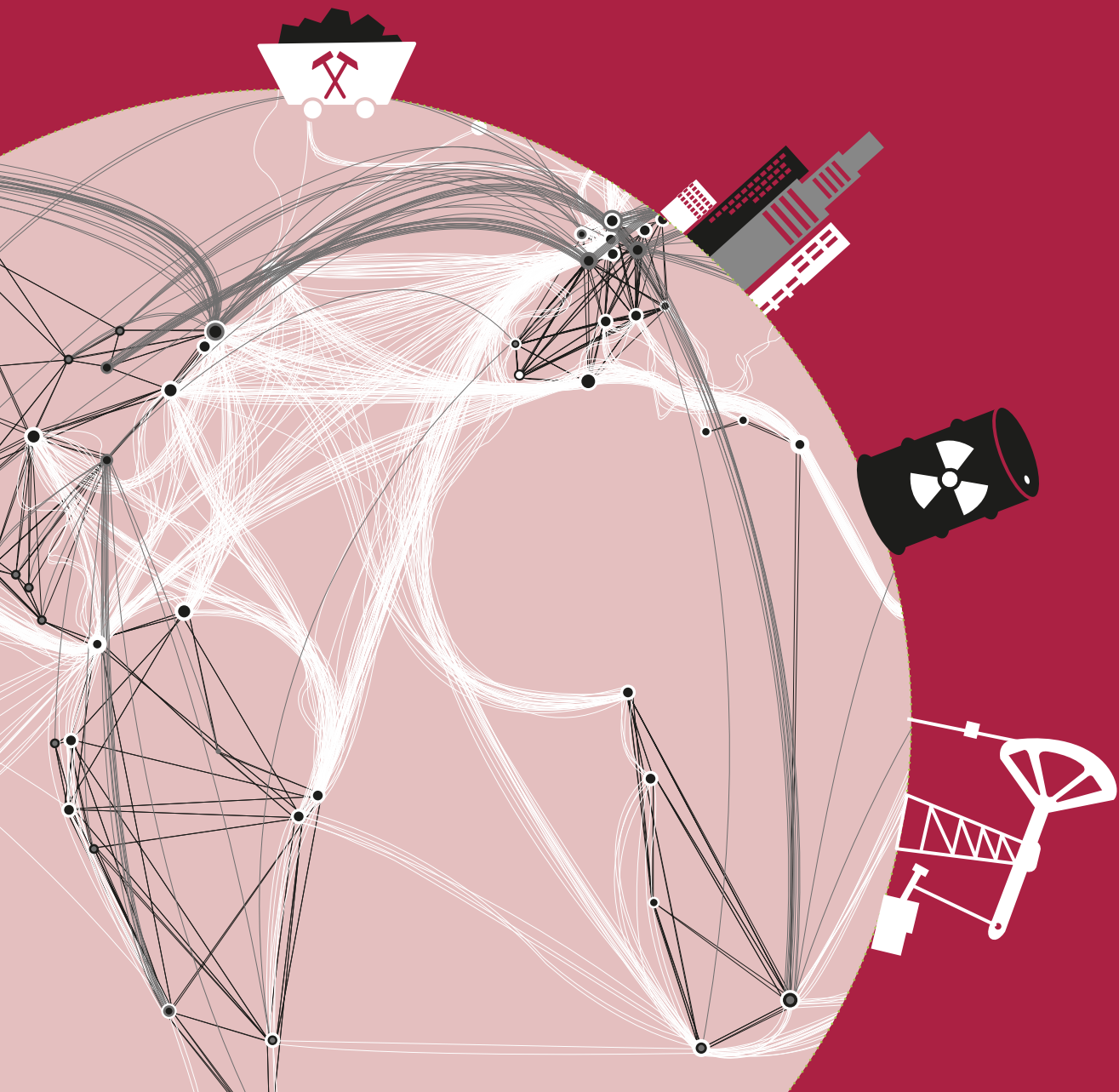


● Meeresschutzzone (MPA)
mit Fischereiverbot

● Meeresschutzzone (MPA)
mit eingeschränkter
Fischerei

DIE ANTHROSPHÄRE

Vom Menschen geschaffen





An | thro | po | sphä | re
[altgriechisch anthropos = Mensch
& sphaïra = (Erd-)Kugel]

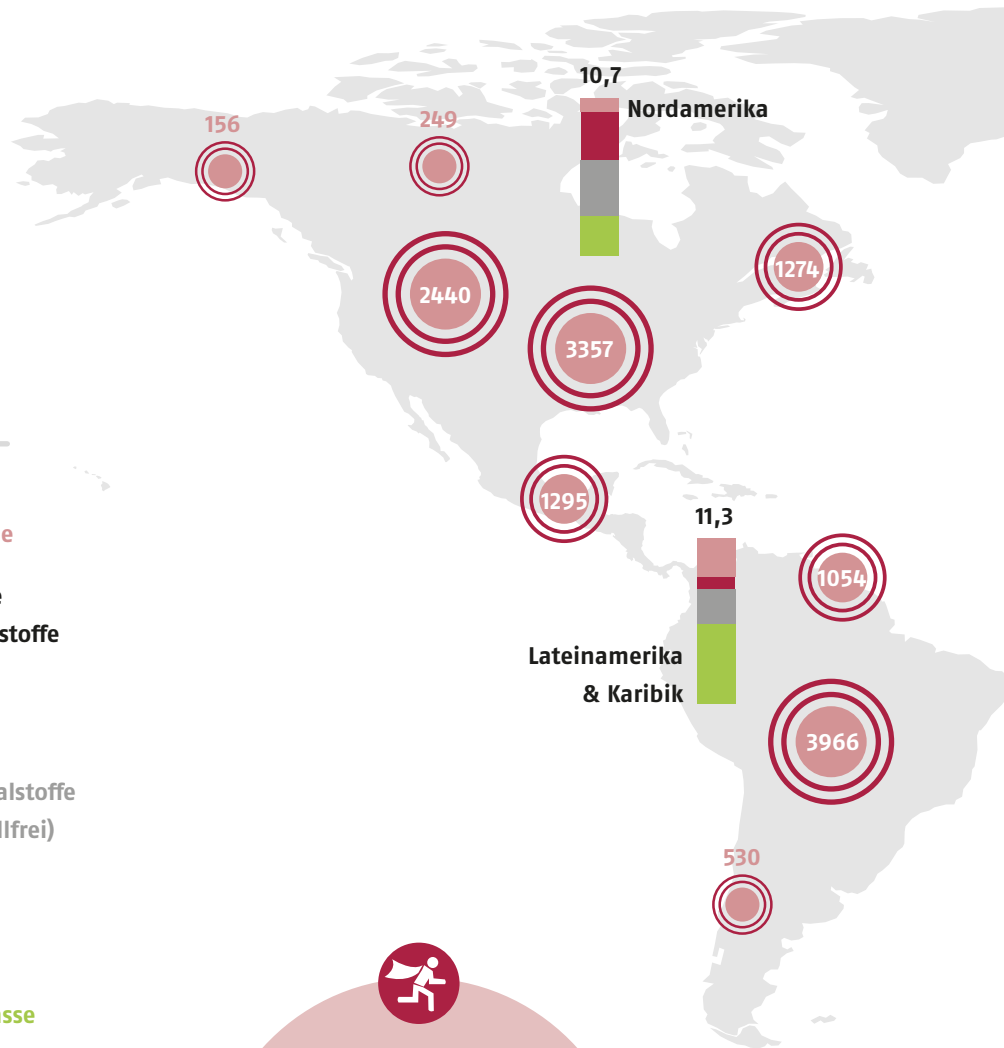
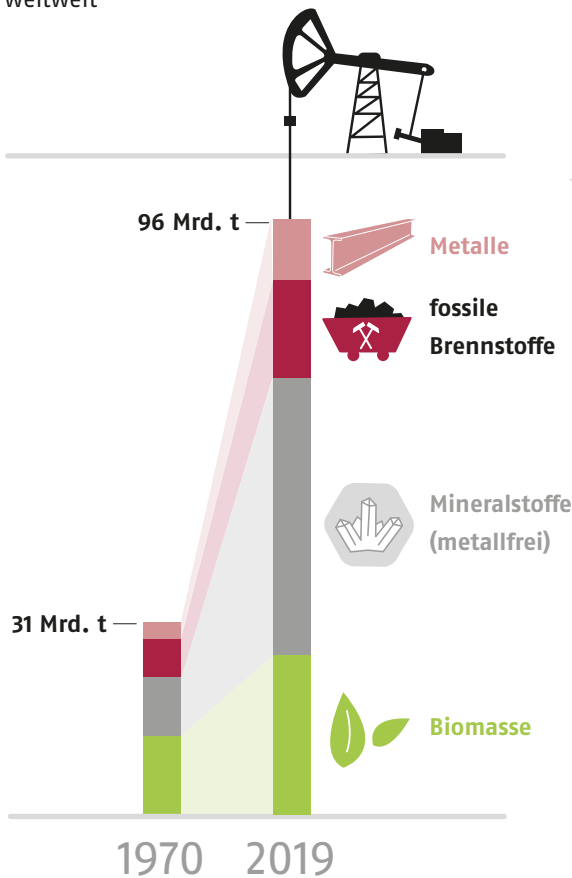
Die Anthroposphäre umfasst alles vom Menschen Geschaffene, Veränderte oder Zerstörte. Veränderungen der Oberfläche der Erde für Landwirtschaft, Transport, Industrie oder Gebäude sowie chemische Veränderungen der Luft, des Wassers und des Bodens zählen dazu.



Rohstoffe & Industrie

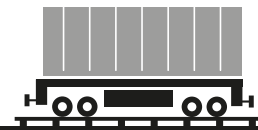
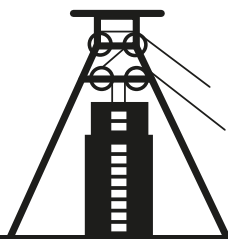
Globaler Rohstoffabbau

Wachsende Rohstoffverarbeitung weltweit



Schützt die Arbeiter!

Wo Rohstoffabbau aktuell gegen Menschenrechte verstößt, erfährt man im interaktiven »Environmental Justice Atlas«, der ständig aktualisiert wird:
ejatlas.org



50,6 Mrd. t

Asien
& Pazifik

○ Anzahl der Minen (globale Hotspots)

Wo die Rohstoffe abgebaut werden



Der Rohstoffabbau und die Weiterverarbeitung sind global für rund die Hälfte aller CO₂-Emissionen verantwortlich. Sie sind ein riesiger Faktor, der zu wenig Beachtung in der Emissionsreduktion erfährt. Laut Prognosen der Vereinten Nationen (UNEP) wird sich der Abbau von Rohstoffen bis 2050 sogar noch verdoppeln.

Die dringend notwendige Reduzierung von Rohstoffen hingegen kann durch innovative und effiziente Verarbeitungstechnik und einen Umstieg auf Kreislaufwirtschaft erreicht werden (s. S. 180). Wenn Rohstoffe als limitierte Wertstoffe gesehen werden, die nach ihrer Erstnutzung recycelt und wiedergenutzt werden, können große Mengen CO₂ eingespart werden.



Rohstoffe in der Tiefsee

Viele Rohstoffe, die für die Industrie interessant sind, stecken im Meeresboden. Dazu gehören Erdöl und Erdgas, aber auch Manganknollen, Massivsulfide und Kobaltkrusten.

Manganknollen entstehen auf dem Meeresgrund in 4000 bis 6500 m Tiefe und brauchen Millionen von Jahren, um wenige Millimeter zu wachsen. Die 5 bis 10 cm großen Knollen enthalten wertvolle Metalle für die Industrie wie Mangan, Eisen, Nickel, Kupfer, Lithium und Kobalt.



Massivsulfide entstehen dort, wo die Kontinentalplatten auseinanderdriften, in 500 bis 5000 m Tiefe. Sie enthalten unter anderem Kupfer, Zink und Gold.


Bislang sind nur wenige Orte bekannt, an denen sich der Abbau wirtschaftlich lohnen würde, wie zum Beispiel im Südwestpazifik im Manusbecken.



Vorkommen
ab 400 m Meerestiefe

Erdöl 

Erdgas 

Massivsulfide 

Manganknollen 

Kobaltkrusten 

Kobaltkrusten wachsen

noch langsamer als Manganknollen, in allen Wassertiefen, auf sedimentfreien Gesteinsoberflächen wie an Felshängen oder Seebergen. Sie bestehen hauptsächlich aus Mangan und Eisen und enthalten in geringen Mengen ökonomisch interessante Elemente wie Nickel, Kobalt, Kupfer, Titan und seltene Erden. Letztere werden in Handys, Flachbildschirmen, Hybridfahrzeugen oder Windrädern verbaut.



Der Tiefseebergbau von Manganknollen, Kobaltkrusten und Massivsulfiden ist zurzeit noch Theorie. Es gibt zwar Prototypen von Abbaumaschinen, die auf 2000 m Tiefe funktionieren, aber die langfristige Nutzung in bis zu 6000 m Tiefe bleibt technisch unlösbar. Das ist gut so, denn die Schäden am Meeresboden sind auch nach einem Vierteljahrhundert mit bloßem Auge sichtbar, wie ein Forscherteam am Meeresboden der ersten Manganknollen-Abbautests 1989 im Pazifik kürzlich feststellte.

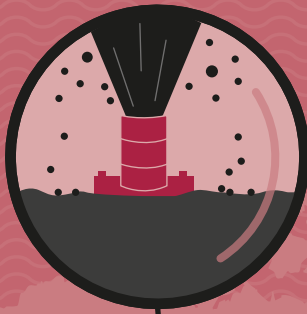


Öl- und Gasförderung

aus dem Meer machen rund ein Viertel der weltweiten Förderung aus. Hauptsächlich wird im Nahen Osten, in der Nordsee, vor Brasilien, im Mexikanischen Golf und im Kaspischen Meer gebohrt.



Die größten Ölunfälle 1901–2020



USA

Im März 1909 fand nahe Kern County in Kalifornien die in der Geschichte bisher größte Ölkatastrophe statt: Ca. 1 227 600 Tonnen Öl gelangten durch ein Bohrleck in die Umwelt.



Persischer Golf

Im Golfkrieg öffneten irakische Soldaten im Januar 1991 die Ventile des Sea-Island-Ölterminals, und das US-Militär beschoss zeitgleich irakische Öltanker. Ca. 1 000 000 Tonnen Öl traten aus und verseuchten die Küste Südkuwaits und Saudi-Aubiens.



USA

Im April 2010 verlor die Tiefseeplattform »Deepwater Horizon« bei einem Bohrleck etwa 470 779 Tonnen Schweröl.

1 Liter Öl kann bis zu 1 Million Liter Trinkwasser
verseuchen. Geschätzte 1400 Mrd. t Öl
gelangen weltweit pro Jahr in die Ozeane.

Wie gelangt Öl in die Meere?

Schätzungen in Mio. Tonnen pro Jahr
(2010–2019)

Japan

Im November 1974 wurden
52 836 Tonnen Öl in
der Tokyo Bay vor Honshu
Island als Folge einer
Tankerkollision ins Meer
gespült.



1 200 000 Mt

Ölhaltige Abwässer
gelangen z. B. von Straßen
und Industrieanlagen über
Flüsse und Abwasserkanäle
in die Meere.

Natürliche Quellen,
z. B. sickert Öl aus dem
Meeresboden

100 000

Ölförderung,
z. B. Ölverlust im Normal-
betrieb und bei Unfällen

66 500

Transport von Öl
z. B. Tankerunfälle

818

Weitere Ölunfälle ● 390

Südafrika

Im Juni 1983 traten durch
einen Brand auf dem spa-
nischen Tanker »Castillo de
Bellver« an der Küste vor
Saldanha Bay ca. 250 000
Tonnen Leichtöl aus.

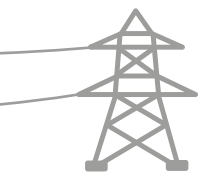


Rohstoffe für den Energiebedarf

Deutschland verbraucht als eine der führenden Industrienationen gewaltige Mengen Rohstoffe. Mineralische Rohstoffe wie Steine und Erden werden größtenteils im deutschen Tagebau und in Steinbrüchen gewonnen. Bei den Energierohstoffen ist Deutschland fast komplett von Importen abhängig, mit der Ausnahme von Braunkohle.

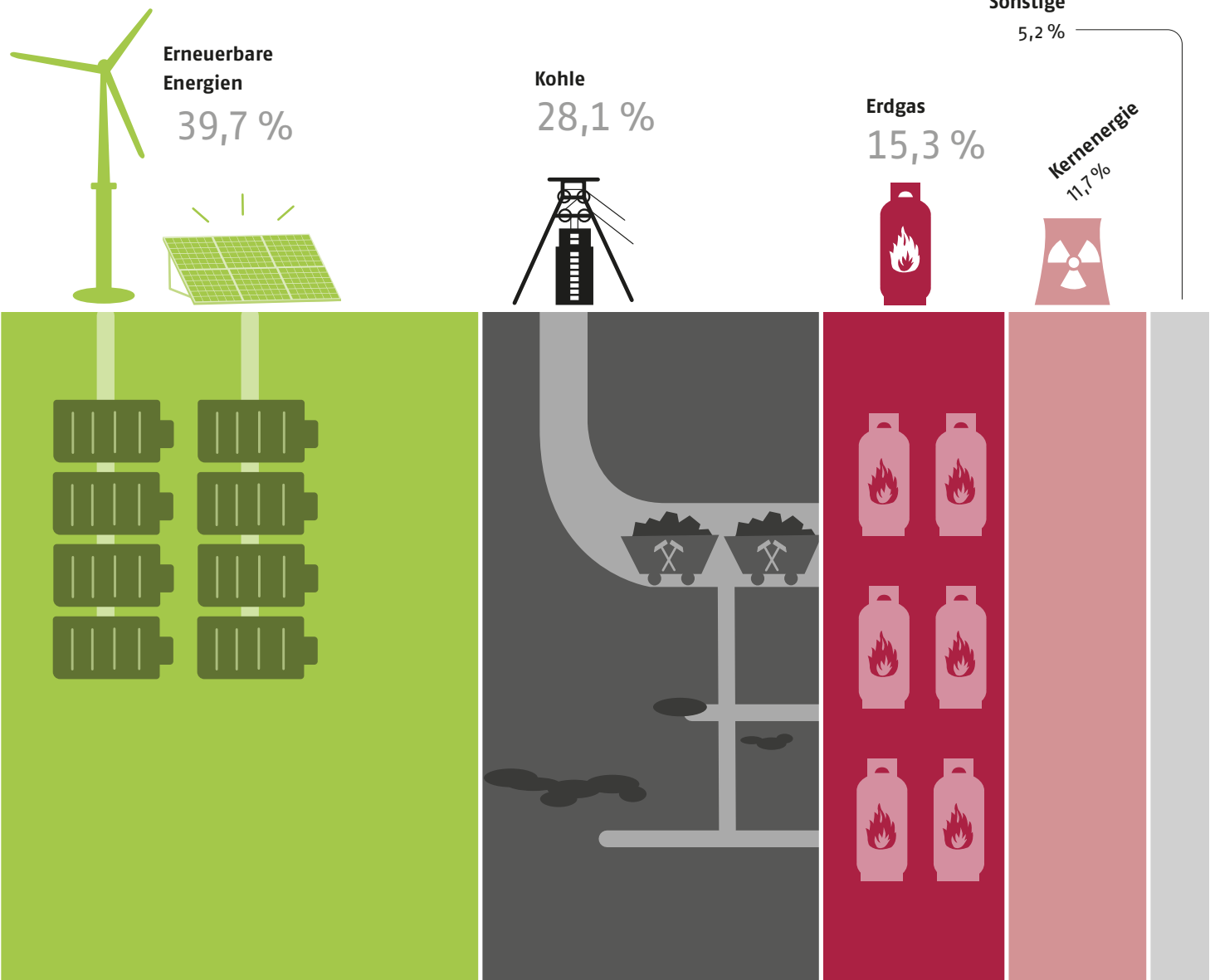
Die russische Invasion der Ukraine zeigt: Unsere Importabhängigkeit muss verringert und die Vielfalt an Lieferländern erhöht werden.

Ein rund 7-mal schnellerer Ausbau erneuerbarer Energien sollte ebenfalls im Fokus liegen: für Energieunabhängigkeit und den Klimaschutz.



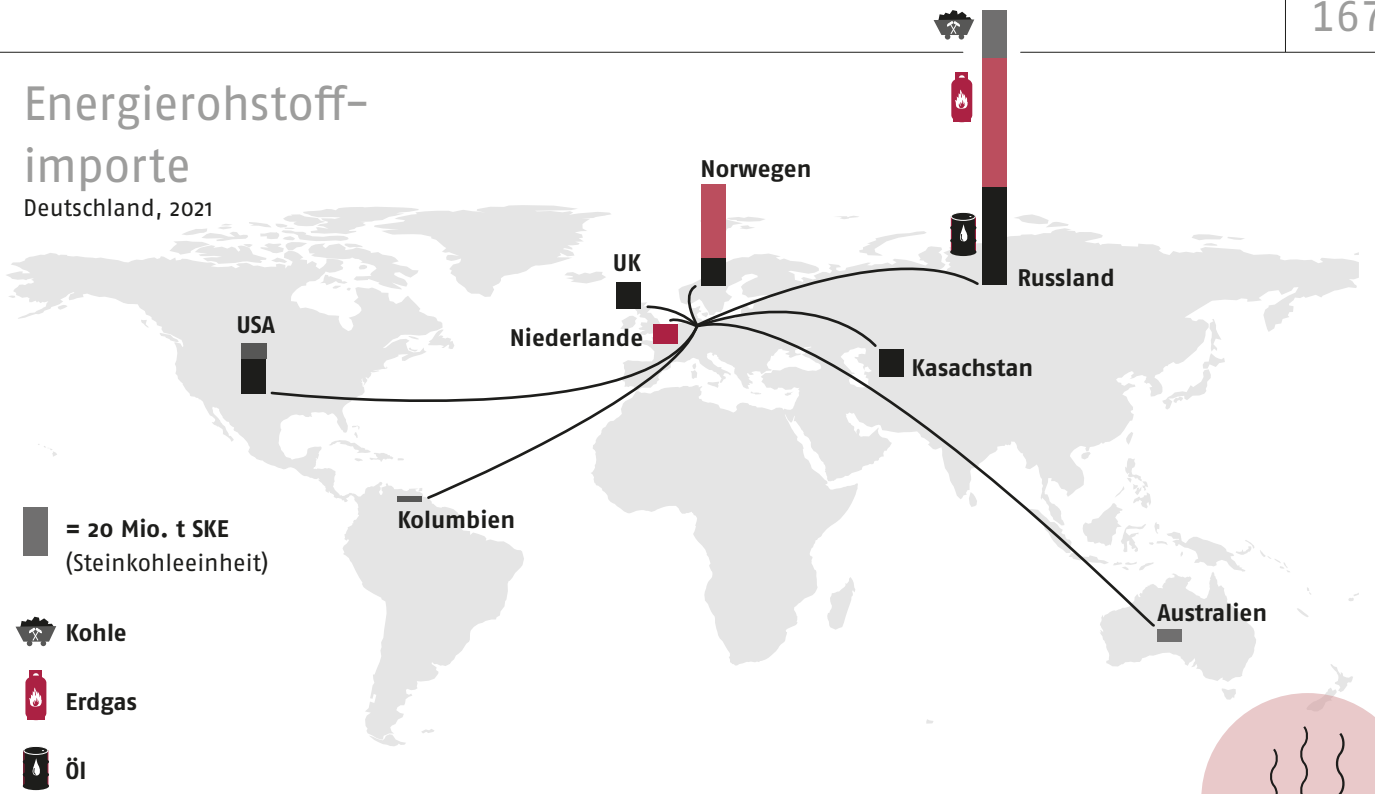
Strom in Deutschland ...

2021



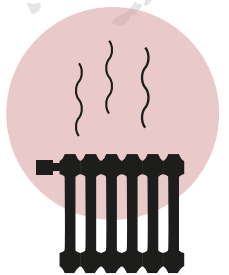
Energierohstoff- importe

Deutschland, 2021



Heizwärme in Deutschland ...

2020



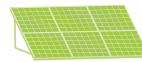
Gase
44,7 %



Heizöl
15,4 %



Erneuerbare
Energien
12,5 %



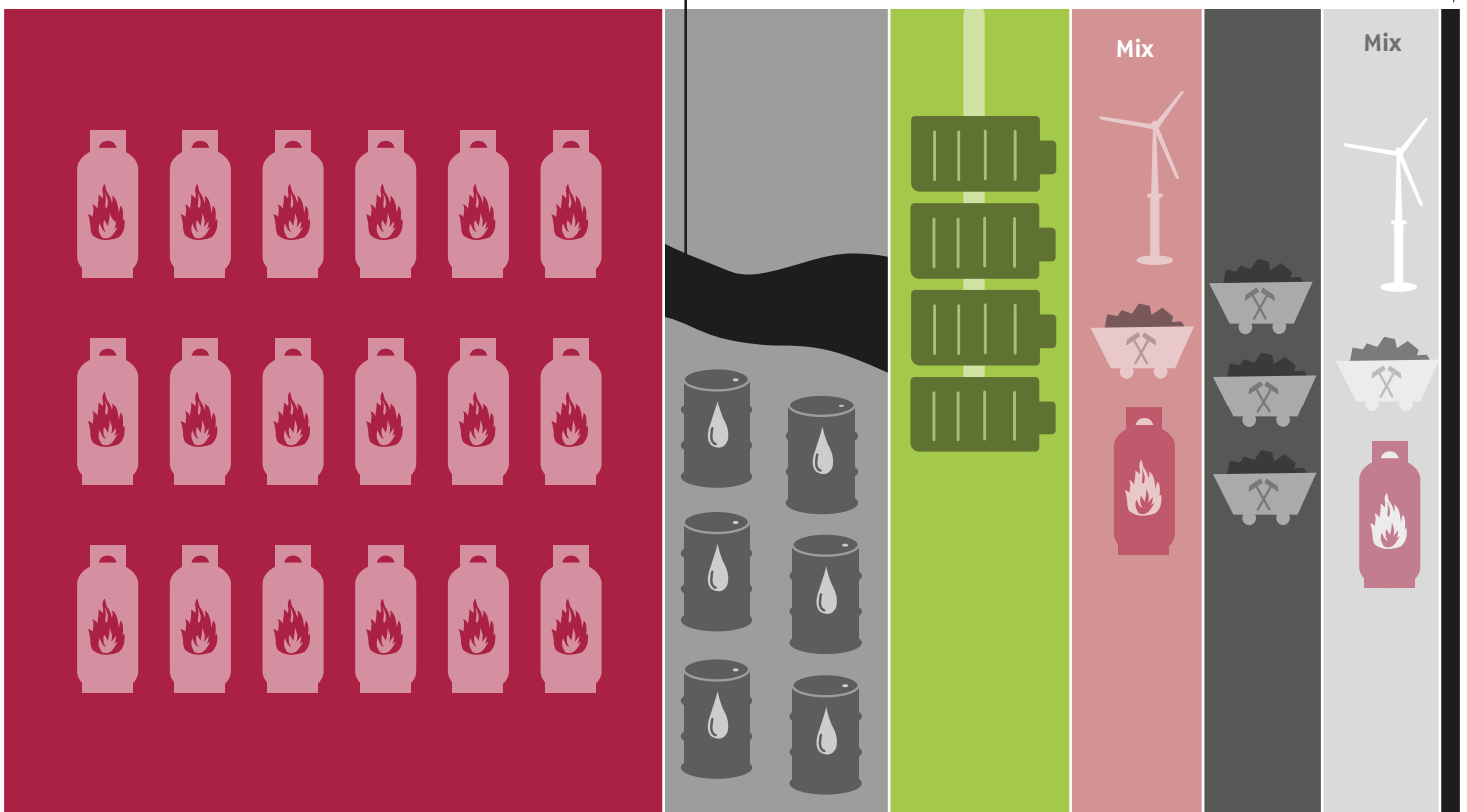
Strom
9,2 %



Sonstige
1,7 %

Kohle
8,3 %

Fernwärme
8,2 %



Strahlende Rohstoffe

Eine Hochrisikotechnologie auf dem Abstieg

55



Atomkraftwerke (AKW) hängen in den USA am Netz (2021), sie produzieren 19 % des US-Strombedarfs, Tendenz sinkend.

Die letzten 3 AKWs werden in Deutschland im April 2023 abgeschaltet.

Alle drei Kraftwerke sind seit 1988 in Betrieb: Emsland (Niedersachsen), Neckarwestheim 2 (Baden-Württemberg) und Isar 2 (Bayern).

70 %

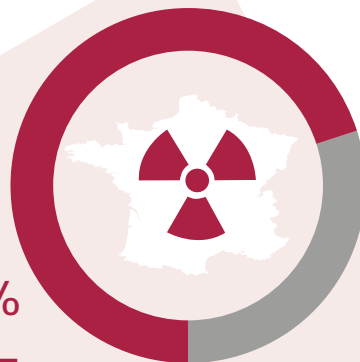
Kernenergie im Strommix: Frankreich hat weltweit die höchste nukleare Abhängigkeit.

Uranabbau

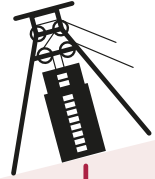
2021, weltweit

10 %

Kanada liegt auf Platz 3 der Uranproduktion mit der weltweit größten Uranmine am Cigar Lake. Dort werden ca. 10 % des Weltbedarfs unterirdisch gefördert: 4693 t.



45 %
des weltweit abgebauten Urans kommen aus Kasachstan:
21 819 Tonnen jährlich.



Bisher gibt es weltweit kein sicheres Endlager für Atommüll.

Usbekistan liegt mit dem Abbau von 3500 t Uran auf Platz 5.

12 %
Namibia liegt auf Platz 2 der globalen Uranproduktion mit 5753 t.

9 %
Australien liegt mit dem Abbau von 4192 t Uran auf Platz 4.

6-mal höhere Lungenkrebsraten drohen im Uranabbau*, 24-mal höheres Risiko für weitere Lungenkrankheiten.



* Im Vergleich zu anderen Bergbauarbeitern

Bäume als »grüner« Energielieferant?



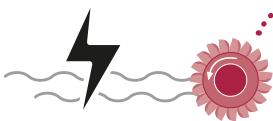
Überlebenswichtig

65 Millionen Flüchtlinge sind weltweit abhängig von Holz als einzig zugänglicher Energiequelle.



Klimaschutz

Aus Holzprodukten gewonnene grüne Energie trägt 40 % zum erneuerbaren Energiemix weltweit bei. Allerdings ist das auf lange Sicht nur bei nachhaltiger, naturnaher Holzwirtschaft und unter Nutzung neuer Technologien und lokaler Produktion ein Gewinn für den Klimaschutz.

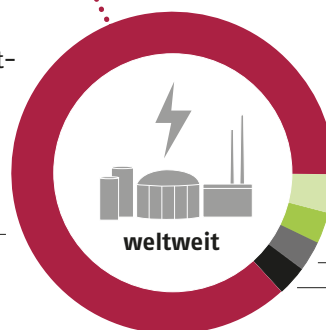


Wasserkrafthelfer

Bewaldete Zuflüsse sorgen für eine längere Lebensdauer der Hydroenergieanlagen durch natürliche Filtrierung des Wassers und Abmilderung der negativen Effekte von Dürren.

Biomasseenergiegewinnung hängt zurzeit hauptsächlich von Holzprodukten ab:

87 % Holz, Holzkohle, Abfälle aus der Papier- und Holzwirtschaft etc.

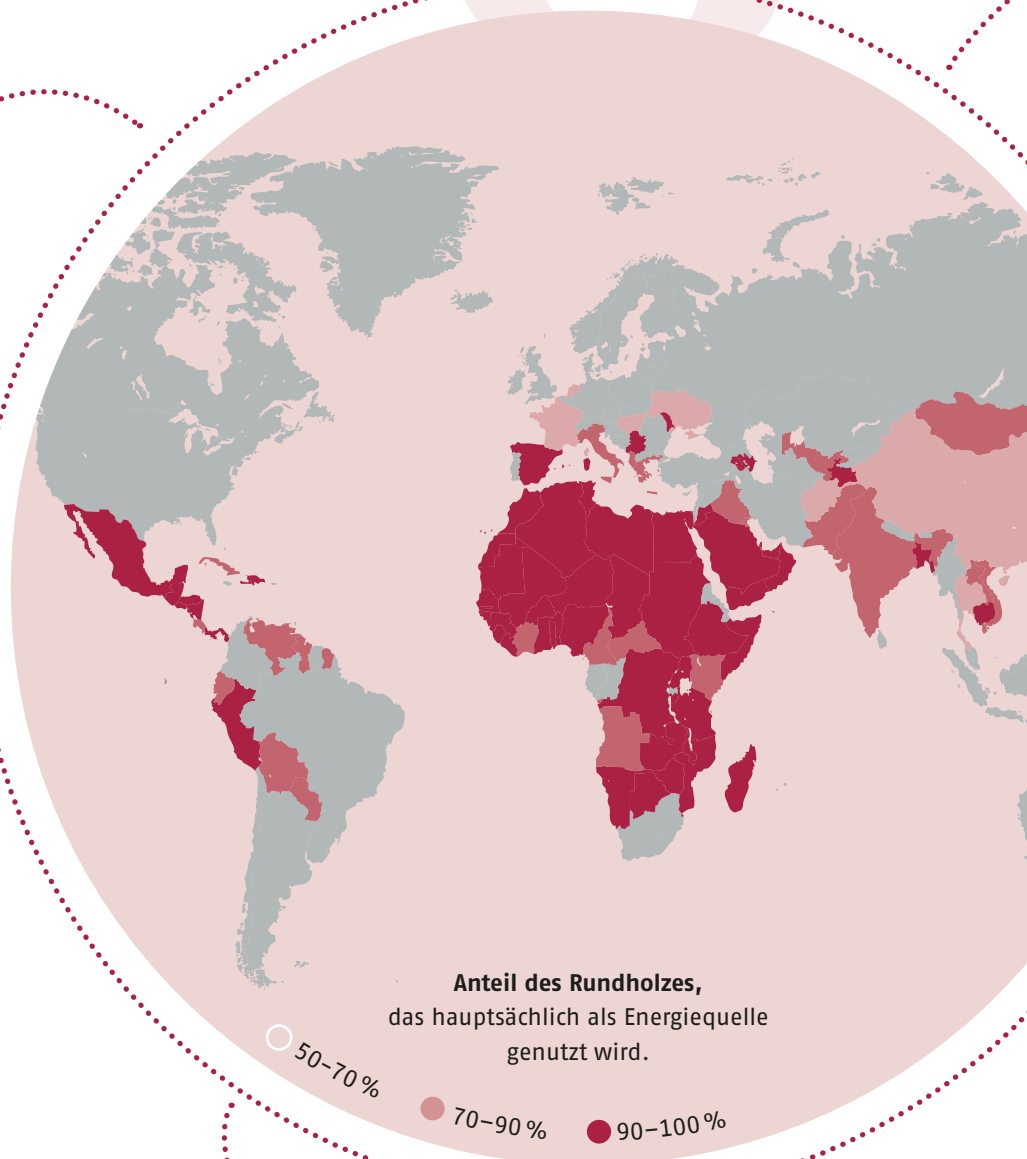


4 % Abfälle aus der Landwirtschaft

3 % Energiepflanzen (z. B. Mais)

3 % tierische Abfälle

3 % Abfälle aus Mülldeponien

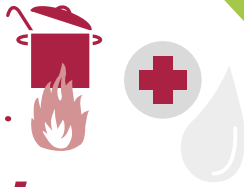




Konventionelle Forste
weltweit in nachhaltige,
naturnahe Wirtschafts-
wälder transformieren



Politische Anreize für
Langzeitinvestitionen in
Bioenergie vergrößern



2,4 Milliarden Menschen,
rund ein Drittel der Weltbevölkerung,
nutzen Holz täglich zum Kochen, Heizen
oder Sterilisieren von Trinkwasser.
Die afrikanische Bevölkerung ist beson-
ders stark von Holz abhängig.



**Stärkere internationale
Zusammenarbeit**
in der Regulierung des
Holzhandels sowie im
Technologie- und
Wissenstransfer

Nachhaltige Forstwirtschaft
weltweit fördern

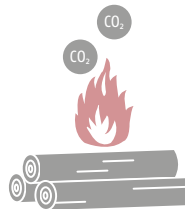


Hilfe ausbauen:
saubere, günstige
und effizientere Öfen
entwickeln



**Weiterbildungen
etablieren**

50%
des Rundholzes weltweit,
1,86 Mrd. m³, werden zu
Energiezwecken genutzt.

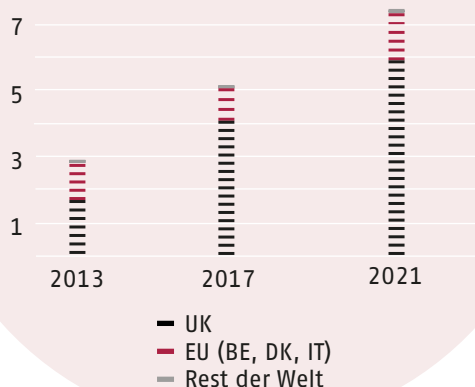


Die meisten Holzpellets werden aus
Abfällen gepresst, die in Sägewerken
anfallen. Das ist aber nicht im-
mer der Fall: In den USA steigt der
Holzpelletexport seit 2013 durch
die Subvention von Holzpellet-
kraftwerken in der EU. Dafür werden
ganze Wälder abgeholzt. In diesem
Fall haben Pellets eine schlechtere
CO₂-Bilanz als Kohle.

Selbst wenn der für Pellets abge-
holzte Wald direkt wieder aufgefor-
stet wird, dauert es 40–100 Jahre,
bis der neu gewachsene Wald das
Klima wieder vergleichbar positiv
beeinflusst – viel zu spät für
die akute Klimakrise!

US-Export von Holzpellets

in Millionen Tonnen pro Jahr



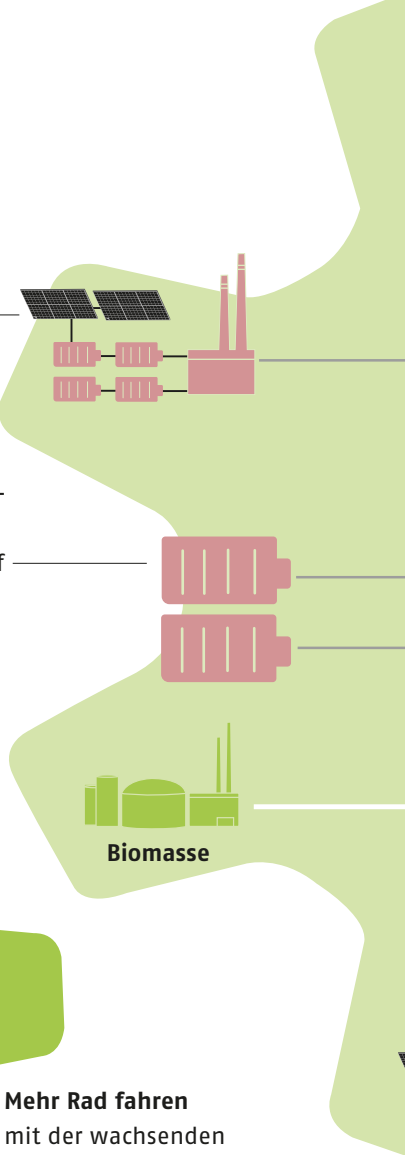
**Weite Transportwege
und Abholzung ganzer
Wälder: Ist diese Form
der Energiegewinnung
wirklich »emissions-
neutral«?**

Die Energiezukunft ist grün!

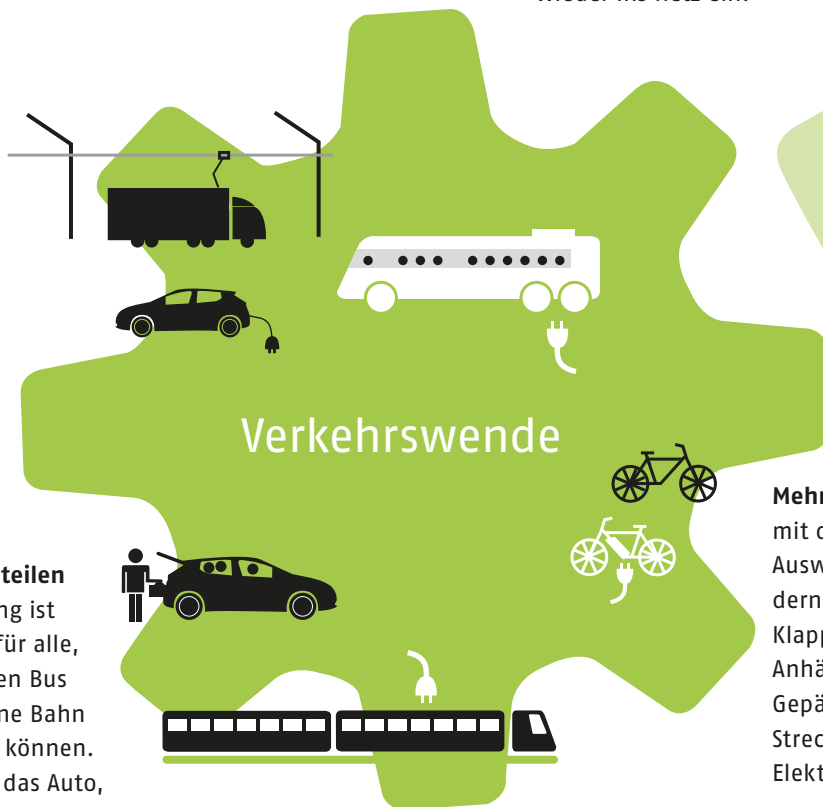
Die Energieversorgung der Zukunft – Strom, Wärme und Verkehr – wird auf Tausenden kleinen bis riesigen Photovoltaik- und Windenergieanlagen bzw. -parks aufgebaut. Des Weiteren werden Wasserkraft, Wasserstoff, Biomasse und Erdwärme eine Rolle im Energiemix spielen. Energieproduzenten sind in der gesamten Bundesrepublik »verstreut«, die Stromversorgung wird somit dezentraler und durch viele regionale Stromspeicher ergänzt.

Industrieanlagen richten dort, wo es möglich ist, ihre Prozesse flexibel ein, um den Strom dann zu nutzen, wenn er produziert werden kann.

Regionale Stromspeicher (z. B. auch Pumpspeicherwerke) speisen die Energie bei Bedarf wieder ins Netz ein.



Verkehrswende
Ein wichtiges Ziel neben der Elektrifizierung ist die Verringerung des Individualverkehrs: z. B. durch Ausbau des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs und eine verbesserte Infrastruktur für Fahrräder.

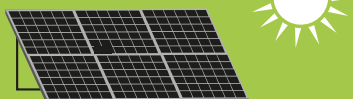


E-Autos teilen
Carsharing ist wichtig für alle, die keinen Bus oder keine Bahn nehmen können. Je voller das Auto, desto besser

Mehr Rad fahren
mit der wachsenden Auswahl an Sporträdern, Lastenrädern, Klapprädern und Anhängern – bei viel Gepäck oder schweren Strecken auch mit Elektromotor

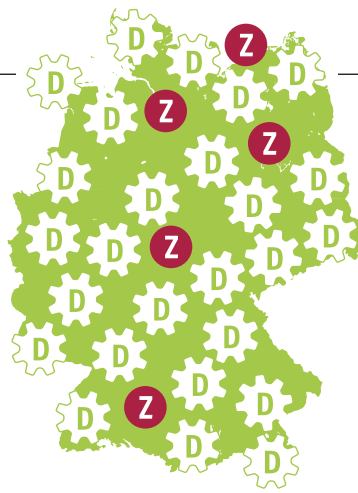
Energiemix 2040 (Strom, Wärme, Verkehr)

Solarstrom



Windkraft an Land und auf See

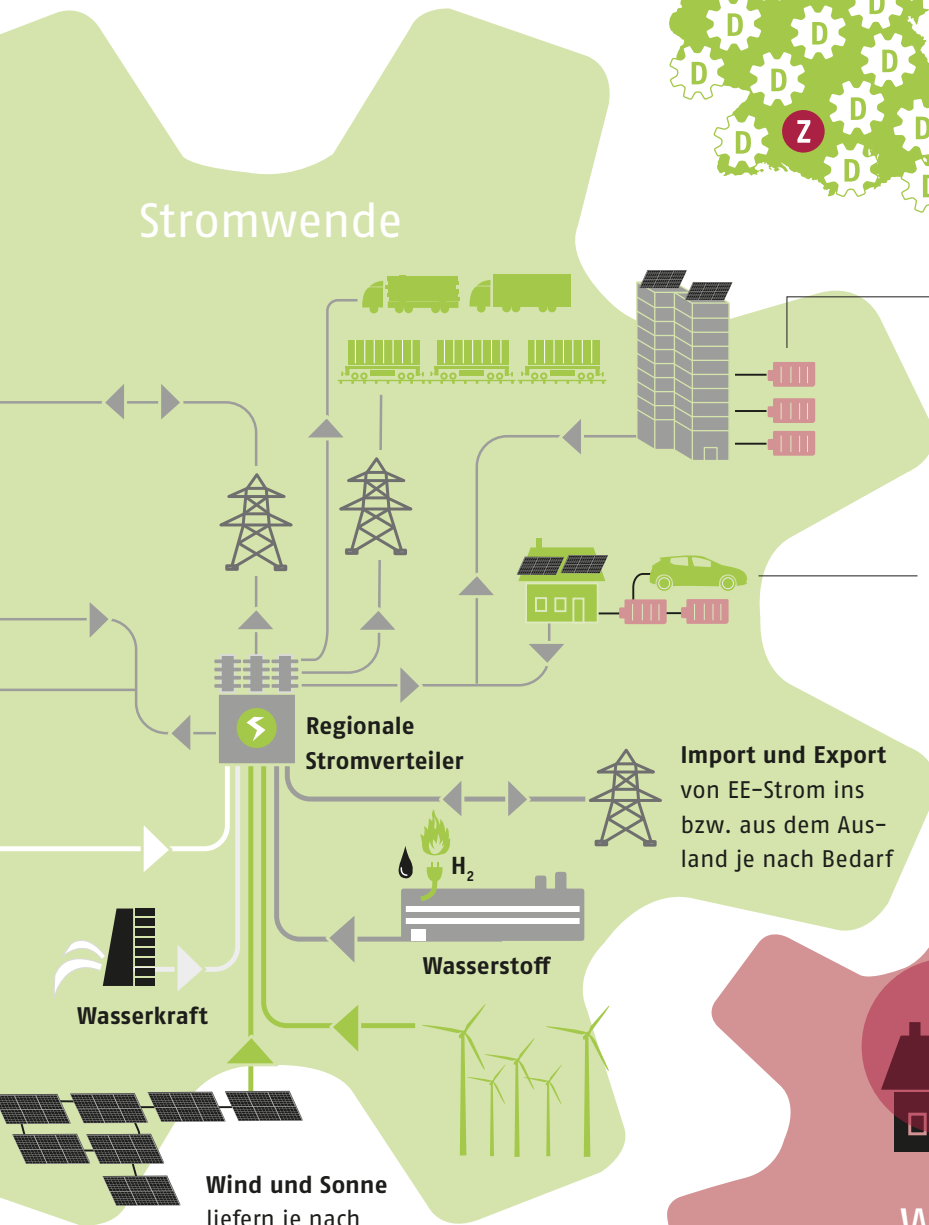




D = Dezentrale Energieversorgung (EV)

Z = Zentrale Energieversorgung, z. B. Offshorewindparks und große Solarparks mit Hoch- und Höchstspannung

Stromwende



Strommanagement

Den Stromverbrauch zu Hause selbst steuern: z. B. nur bei Sonnenschein stromintensive Geräte wie die Waschmaschine oder den Backofen anstellen

Prosumer

Viele Verbraucher*innen werden selbst zu Stromproduzent*innen.

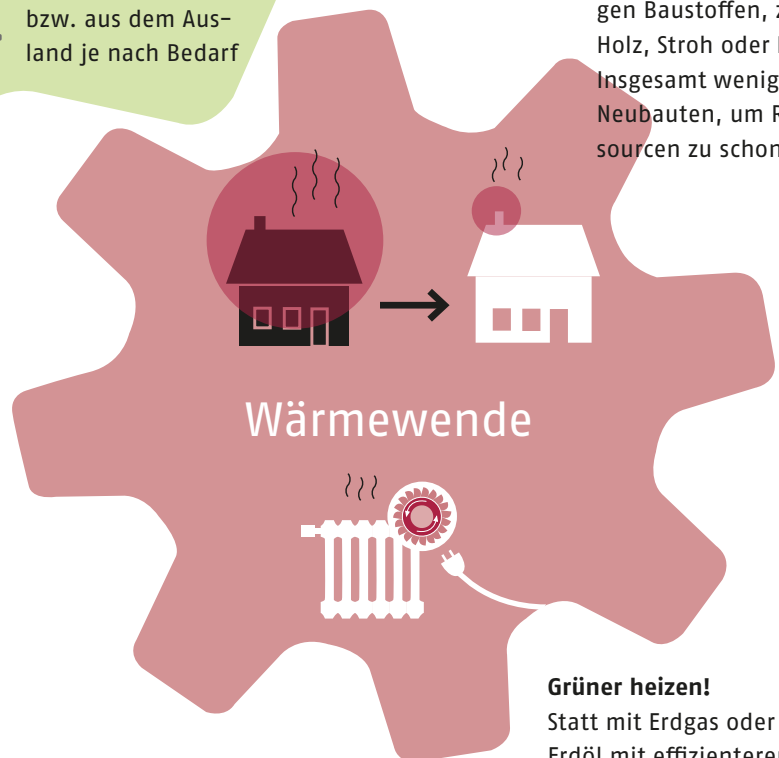
Import und Export von EE-Strom ins bzw. aus dem Ausland je nach Bedarf

Bauwende

Sanierung und Dämmung mit nachhaltigen Baustoffen, z. B. Holz, Stroh oder Hanf. Insgesamt weniger Neubauten, um Ressourcen zu schonen

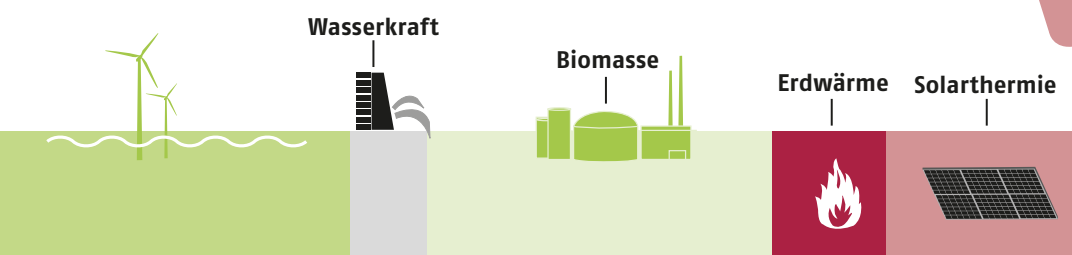
Wind und Sonne liefern je nach Tageszeit und Wetter Strom.

Wärmewende



Grüner heizen!

Statt mit Erdgas oder Erdöl mit effizienteren Wärmepumpen, die mit grünem Strom betrieben werden



Nachhaltige Forstwirtschaft



3,7 Mrd. m³

Vorrat an Holz stehen zurzeit im deutschen Wald. Dank nachhaltiger Holznutzung wächst mehr Holz nach, als entnommen wird.



ca. 1,1 Millionen Beschäftigte arbeiten in der Forst-, Holz- und Papierwirtschaft, inklusive Verlags- und Druckgewerbe.

49 000

Beschäftigte in der deutschen Forstwirtschaft

53 % der deutschen Waldfläche dürfen uneingeschränkt zur Holznutzung verwendet werden.



47 % sind Landschaftsschutzgebiete.

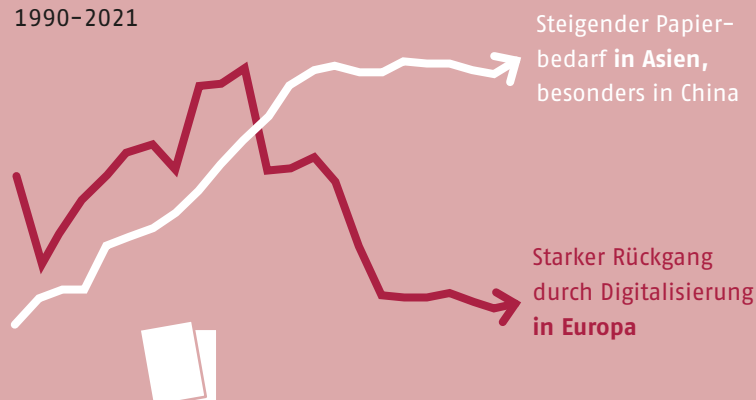
Holzproduktion im Wandel



Holz wurden im Jahr 2018 weltweit recycelt. Eines der UN-Nachhaltigkeitsziele ist es, bis 2030 die Kreislaufwirtschaft im Holzsektor global weiter auszubauen.

Papierproduktion

1990-2021



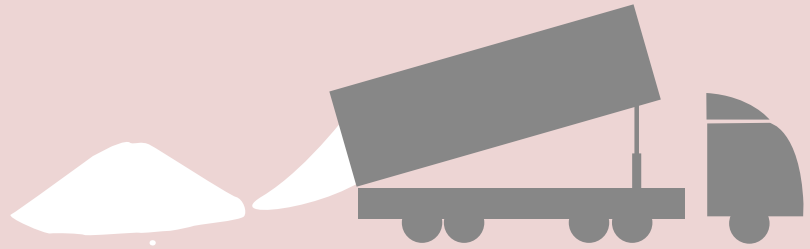
Rekordjahr 2021

Die globale Papierproduktion erreichte 2021 einen neuen Rekord mit 415 Mio. t, nachdem die Produktion 2018-2020 durch Pandemie und Rückgang des Zeitungs- und Magazindrucks leicht abflachte. Durch das Bevölkerungswachstum wird auch der Papierverbrauch tendenziell steigen. China avanciert in den letzten zwei Jahrzehnten zum weltweit größten Produzenten und Konsumenten von Papier und Zellstoff.

Auf Sand gebaut

Sand besteht aus 0,063–2 mm kleinen Fragmenten, die sich über Tausende oder Millionen Jahre durch Abrieb und Verwitterung z. B. von Gestein gelöst haben. Auch der Zerfall von Korallen oder Muscheln führt zur Sandentstehung. Sand wird über große Distanzen als Staub mit dem Wind transportiert und formt so zum Teil große Wüsten wie die Sahara. Jeden Tag wird Sand neu gebildet: im Gebirge, in Flüssen oder im Ozean. Allerdings nutzen wir Menschen sehr viel mehr Sand, als durch Verwitterungsprozesse von der Natur »produziert« wird.

Unsere Zivilisation ist buchstäblich auf Sand gebaut: Nur Wasser benutzen wir noch mehr. Pro Tag nutzt jeder Mensch auf der Erde im Durchschnitt 15 kg Sand. Wenn man aus dem Sand, den wir in einem Jahr abbauen, eine Mauer bauen würde, wäre sie 27 m hoch und 27 m breit und würde einmal um den Globus führen.



Überraschend viele Produkte benötigen Sand. Er wird u. a. genutzt für ...

Geschätzte 50 Mrd. t Sand werden pro Jahr weltweit abgebaut.

Textilien,
z. B. Jeans



**Hygiene-
produkte,**
z. B. Zahnpasta



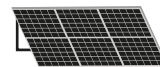
Glasprodukte,
z. B. Gläser,
Fenster, Spiegel



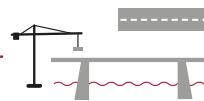
Stromspeicherung,
z. B. Lithium-
batterien



Technik & Internet,
z. B. Computer-
chips, Glasfaser-
kabel



Energieproduktion,
z. B. Solarpaneele

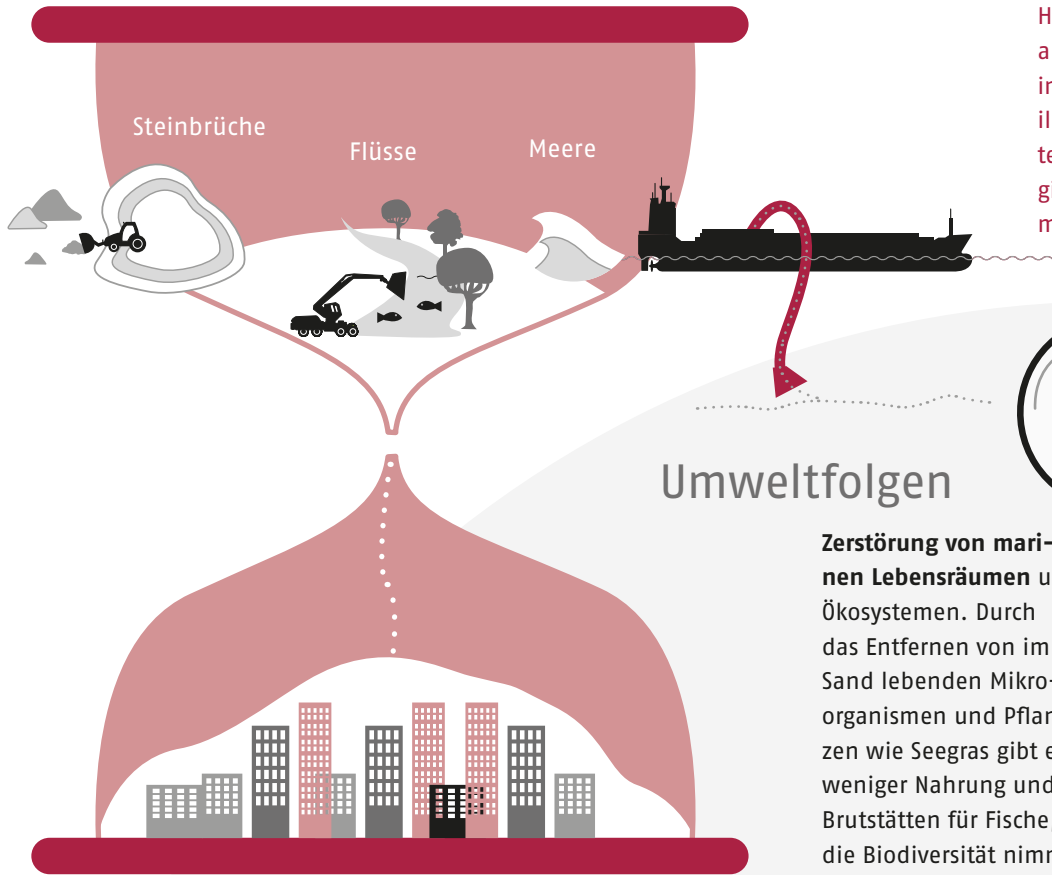


Infrastruktur,
z. B. Straßen
und Brücken



**Bau von
Gebäuden,**
z. B. Beton,
Ziegel, Putz

Sandabbau



Ca. 15 %

des Sandes werden weltweit illegal abgebaut. In Marokko ist die Hälfte der Strände illegal abgetragen worden, in Tansania sorgt der illegale Abbau für Küstenerosion, in Indien gibt es sogar eine Sandmafia.

Umweltfolgen

Zerstörung von marinen Lebensräumen und Ökosystemen. Durch das Entfernen von im Sand lebenden Mikroorganismen und Pflanzen wie Seegras gibt es weniger Nahrung und Brutstätten für Fische, die Biodiversität nimmt drastisch ab.

Nachhaltige Nutzung

Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und einige Staaten haben 2019 beschlossen, die Sandnutzung weltweit nachhaltiger zu gestalten.



Abbau verringern, besonders aus dynamischen Ökosystemen wie Flüssen und Meeren

Flüsse & Deltas

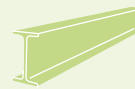
Der Sandabbau sorgt für den Kollaps von Flussbänken, zerstört Brutgebiete, führt zu Überflutungen, dezimiert Fischvorkommen und kann Dürren und Armut verstärken.



Daten sammeln zu Sandabbau



Regulierungen für die Sandnutzung und einen globalen Standard einführen



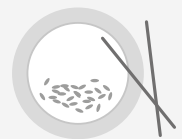
Sand ersetzen, z. B. aus Rückständen aus dem Eisenabbau



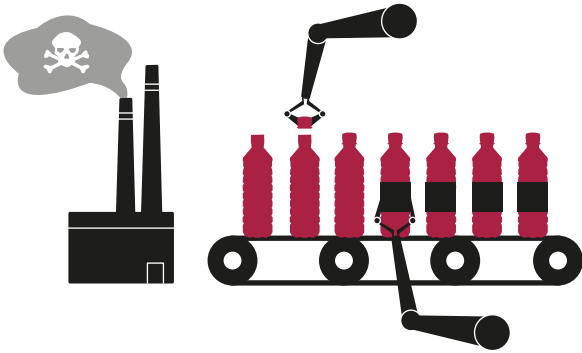
Wissenstransfer und Vernetzung von Staaten intensivieren



Optimierung der Nutzung und des Recyclings von Beton



Welt aus Plastik



367 Mio. t

Plastik wurden 2020 weltweit produziert, Tendenz steigend. Der Müllberg wächst täglich: Ein Großteil des seit 1950 produzierten Plastiks ist fast in Originalform auf Müllkippen, in der Landschaft, in Flüssen oder in den Weltmeeren zu finden.

9 Mio. Fässer Rohöl fließen täglich in die Plastikproduktion.



3-10 %

des weltweit gesammelten Plastiks werden recycelt.



Plastik, das nach einmaligem Verbrauch **33 %** weggeschmissen wird:

Geschätzte Zersetzungszeit

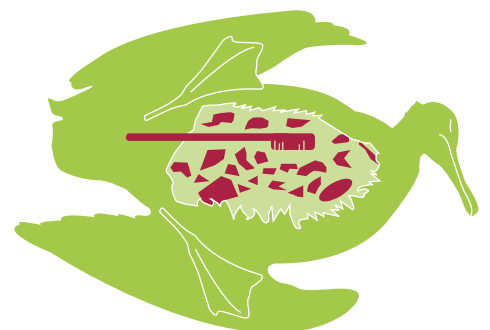


Ca. **450 Jahre**

lang zerfällt eine PET-Flasche im Ozean in immer kleinere Stücke, bis man sie mit dem bloßen Auge nicht mehr sehen kann. Plastik ist nicht biologisch abbaubar und verschwindet somit nie ganz.

Mehr als
100 000

Meeressäugetiere und Millionen von Seevögeln und Fischen sterben jährlich an gefressenen oder um sie gewickelten Plastikteilen.



Die Rohstoffzukunft ist zirkulär!

Die Ressourcen der Erde sind endlich. Viele wichtige Rohstoffe werden in Zukunft knapp, während die Bevölkerung und Nachfrage weiter wächst.

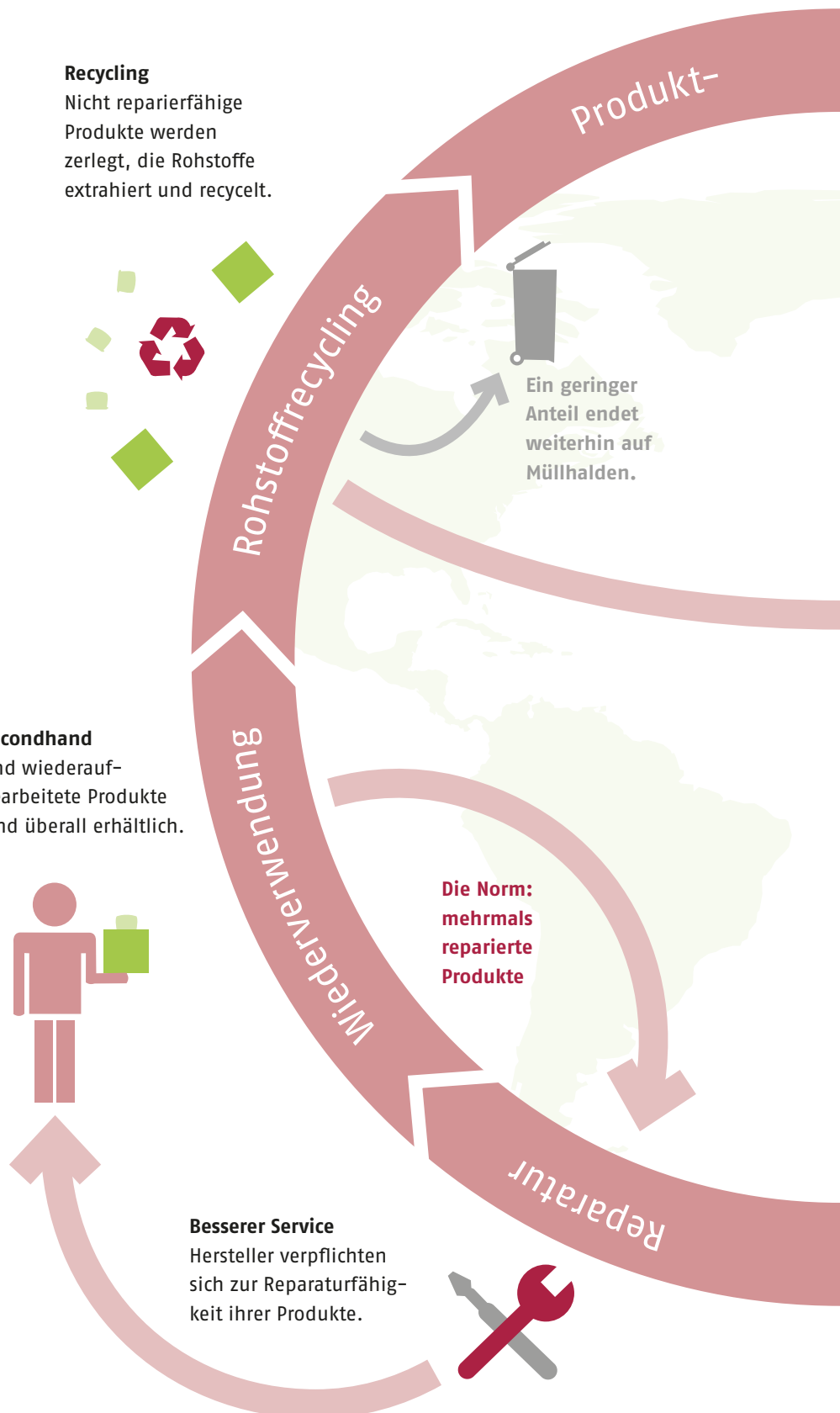
In der EU verbraucht jeder Bürger im Jahr durchschnittlich ca. 14 Tonnen Rohstoffe und produziert 5 Tonnen Abfall. Dieser Abfall landet in der aktuell »linearen Wirtschaft« größtenteils auf der Mülldeponie und wird nur zu einem kleinen Teil (ca. 8 %) recycelt.

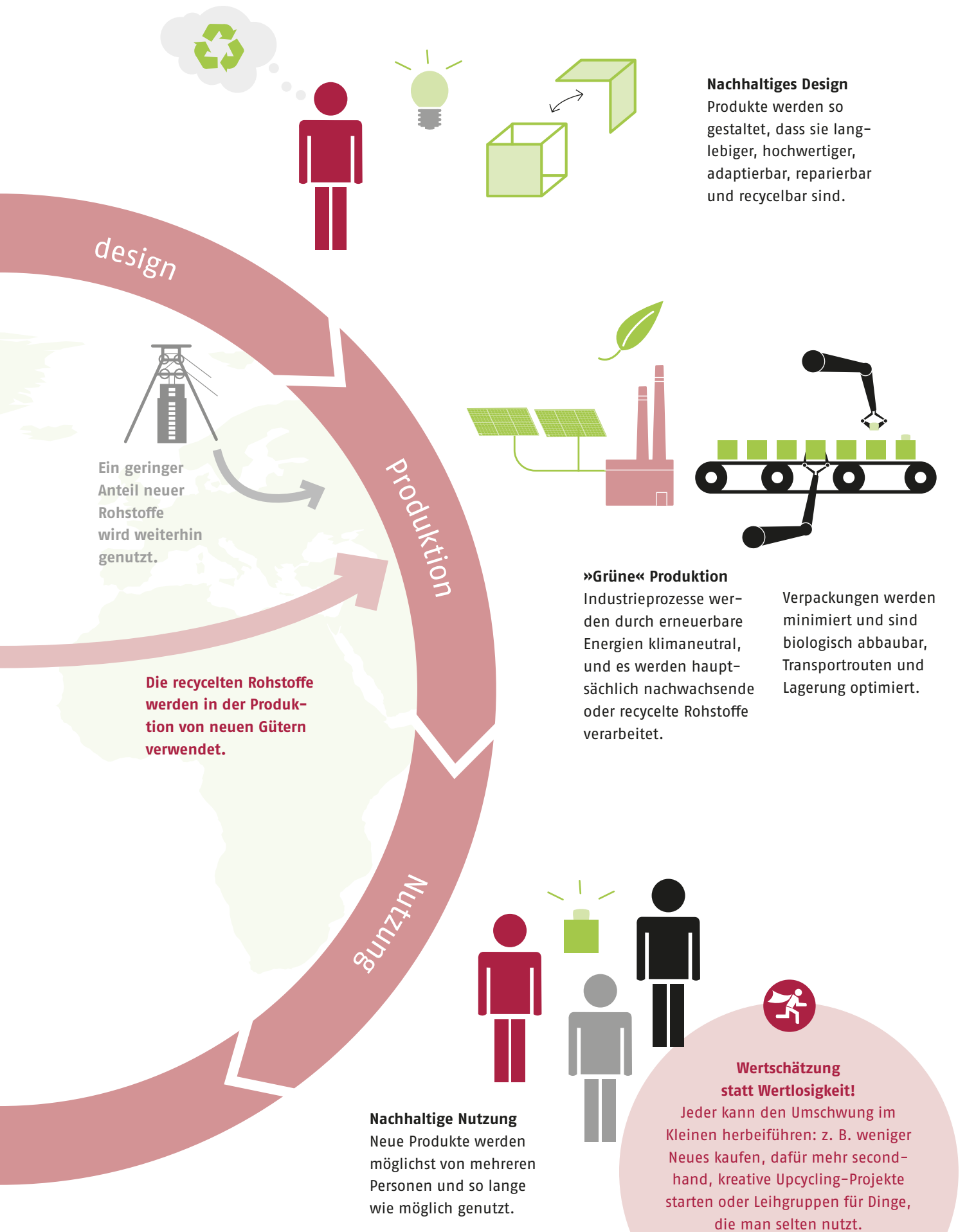
Dagegen wird in der modernen Kreislaufwirtschaft so gut wie alles recycelt, wiederverwendet oder repariert.

Der Lebenszyklus von Produkten wird verlängert, u. a. durch intelligentes Design mit austauschbaren und reparierbaren Elementen. Hersteller müssen Produkte am Lebensende zurücknehmen und recyceln. Wegwerfprodukte und Billigproduktion z. B. von Plastikprodukten, Textilwaren oder Elektronik werden minimiert.

Insgesamt werden so nach und nach weniger Rohstoffe abgebaut. Das spart CO₂-Emissionen und reduziert die Zerstörung der Natur.

Solche Rohstoffkreisläufe imitieren das »Cradle-to-Cradle«-System der Natur, in der wertloser »Abfall« nicht existiert: Alles hat einen Wert und wird auf die unterschiedlichste Art verwertet.





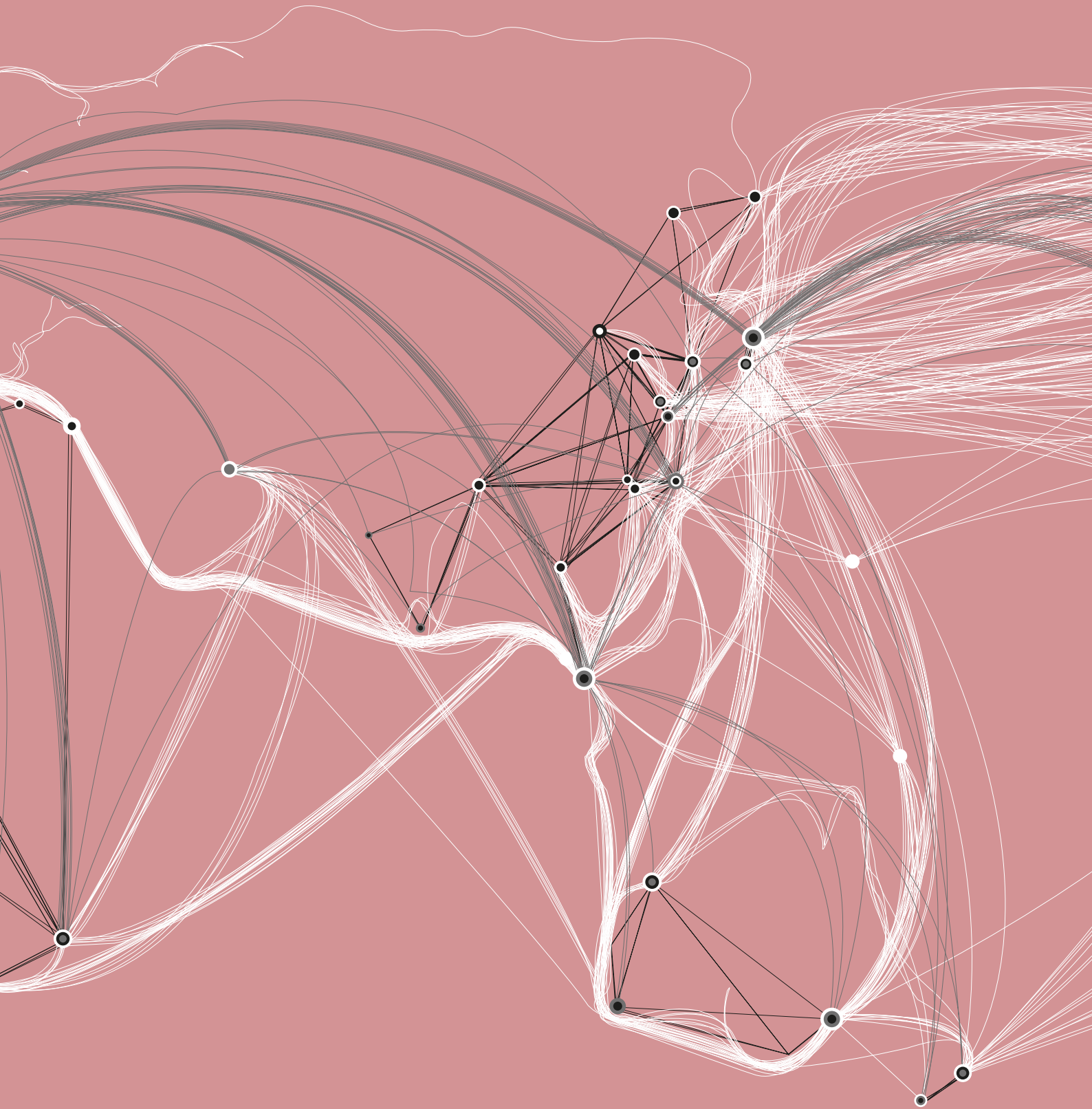


Infrastruktur

Globaler Warentransport

Weltweit werden immer mehr Waren verschifft, geflogen oder per Lastwagen transportiert. Allein in Deutschland hat sich die Menge der Güter seit 1960 fast vervierfacht. Die Kosten für den Transport sind so gering wie nie zuvor, sie liegen im Durchschnitt bei zwischen 1 und 3 Prozent der Produktionskosten. Durch den wachsenden Logistiksektor erhöht sich auch insgesamt das Verkehrsaufkommen: Mittlerweile ist der globale Gütertransport einer der bedeutendsten CO₂-Emittenten weltweit.

- LKW-Transportrouten
- ~ Luftfahrtrouten
- ~ Schifffahrtsrouten

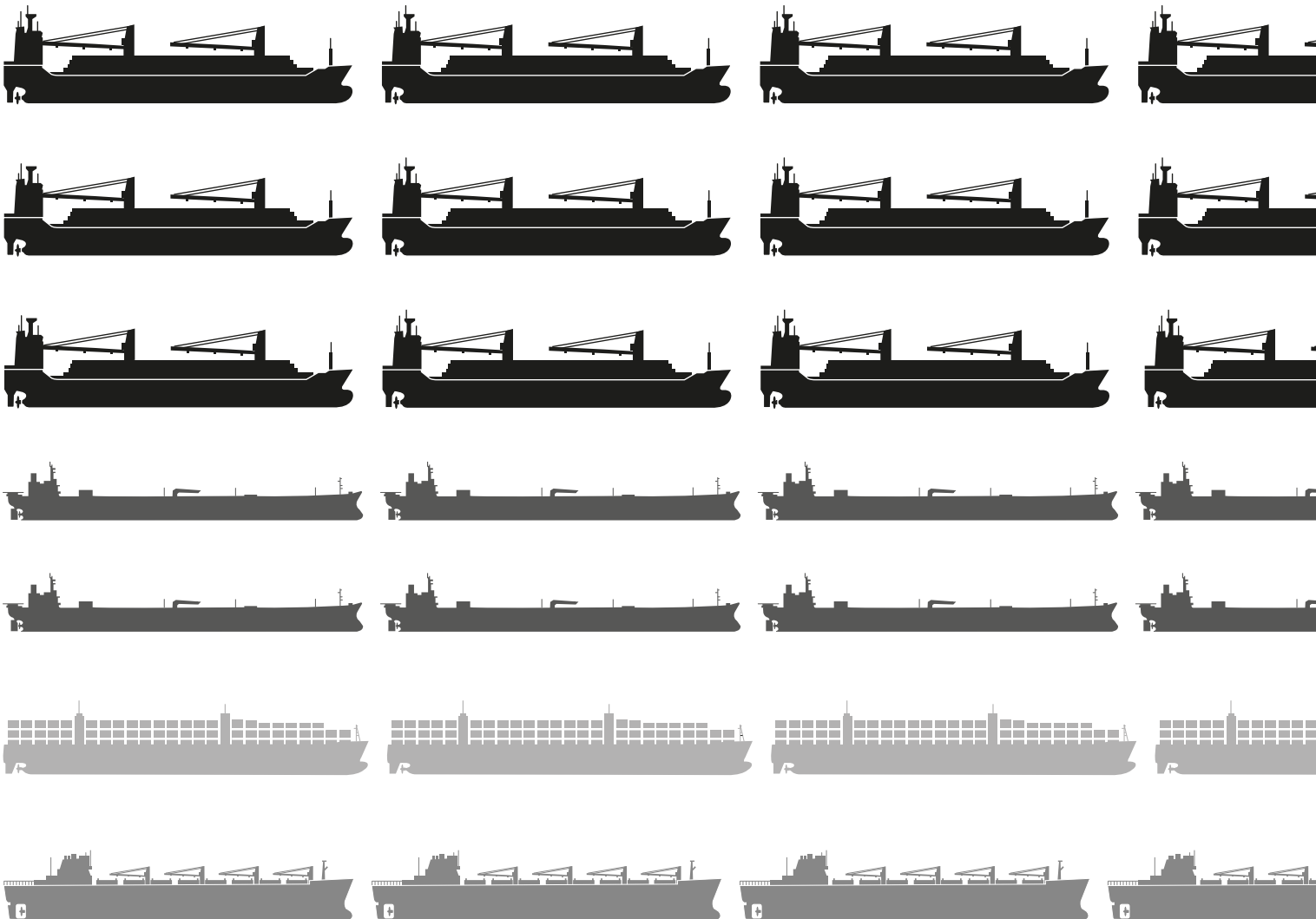


Transportweg Ozean



91 GT Welthandelsflotte 1955

2 062 000 000 dwt Welthandelsflotte 2020



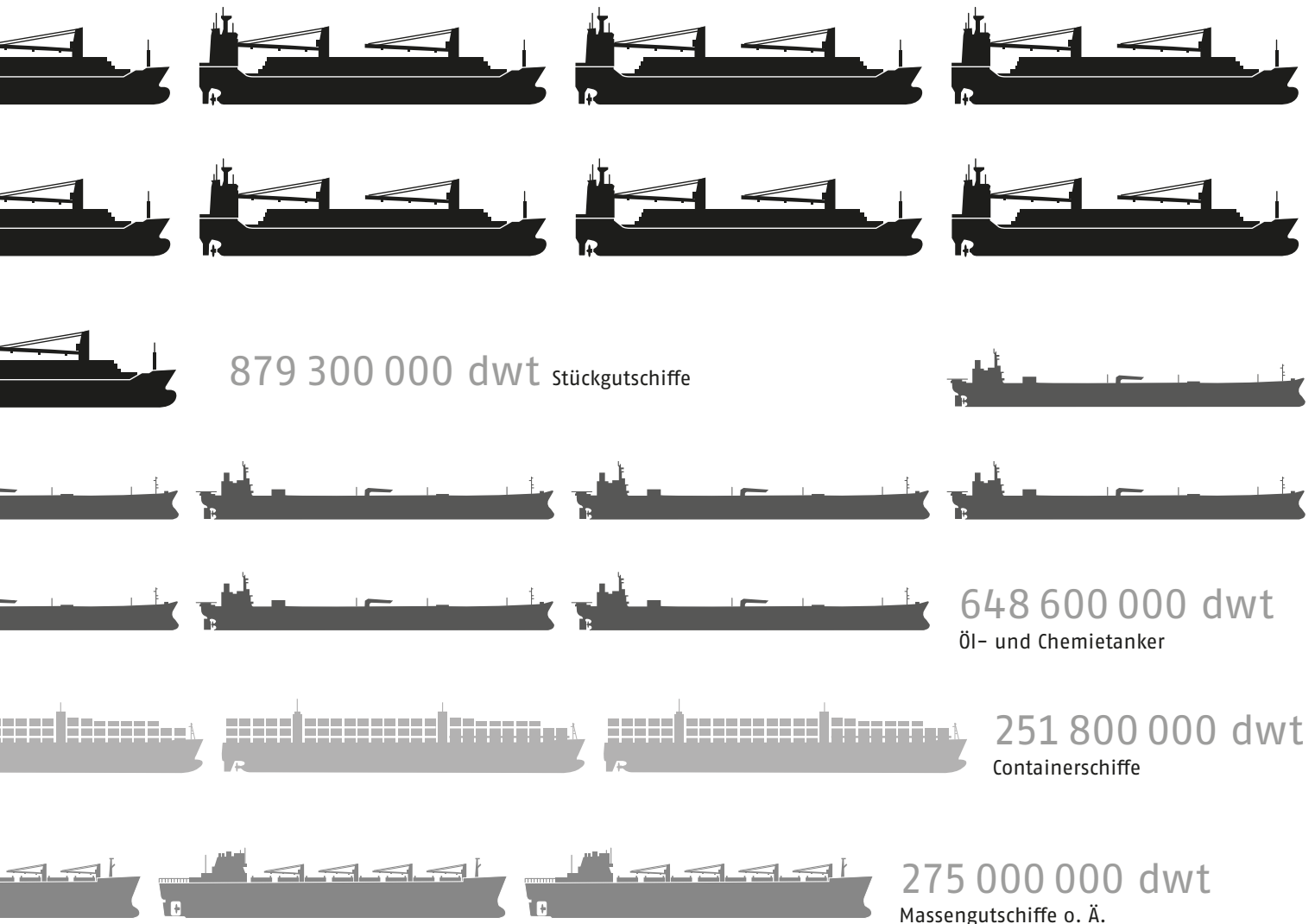
7 300 000 dwt Fährren und Passagierschiffe

GT = Gross Tonnage
dwt = deadweight tonnage
(Tragfähigkeit)

Rund 80 % des Welthandels werden durch ca. 62 100 Frachtschiffe bewältigt – sie sind der wahre Motor der Globalisierung. Mit der steigenden Größe der Schiffe fallen die Transportpreise pro Container, während die Emissionen insgesamt mit der Größe der Schiffe anwachsen. Die meisten Fracht- und Kreuzfahrtschiffe fahren mit Schweröl und ohne Rußfilter. Die dadurch emittierten Schwefeloxide und Schwermetalle sowie der Feinstaub tragen signifikant zu Gesundheitsproblemen bei, besonders im Küstenbereich.

1955

2020

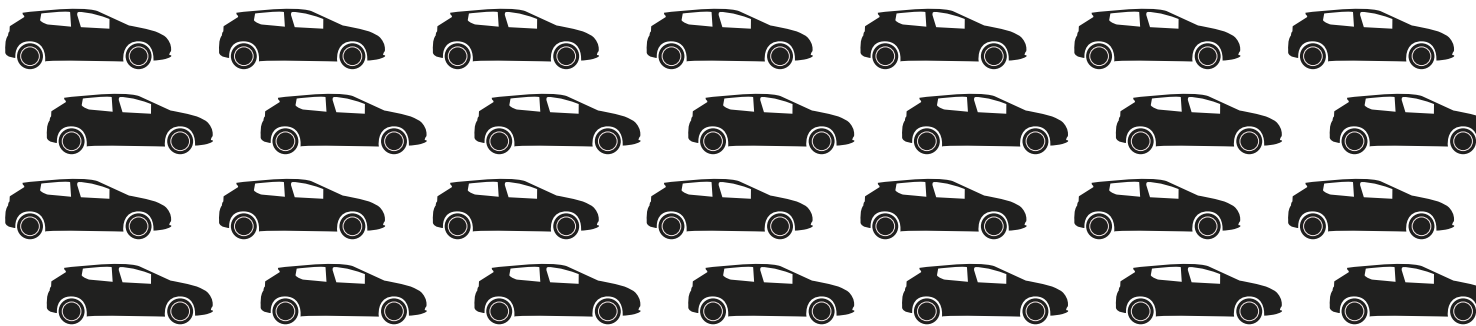


Transportwege an Land



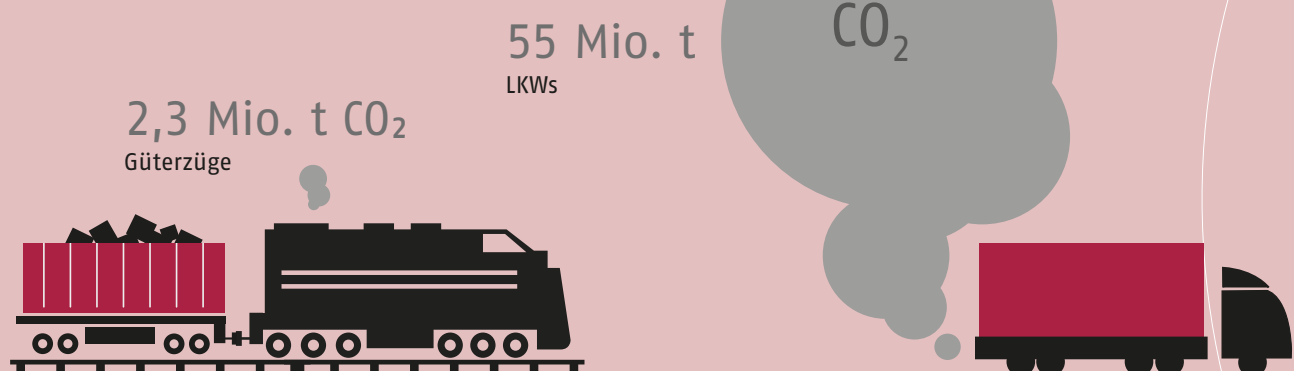
Bestand der Kraftfahrzeuge

in Deutschland, 2021



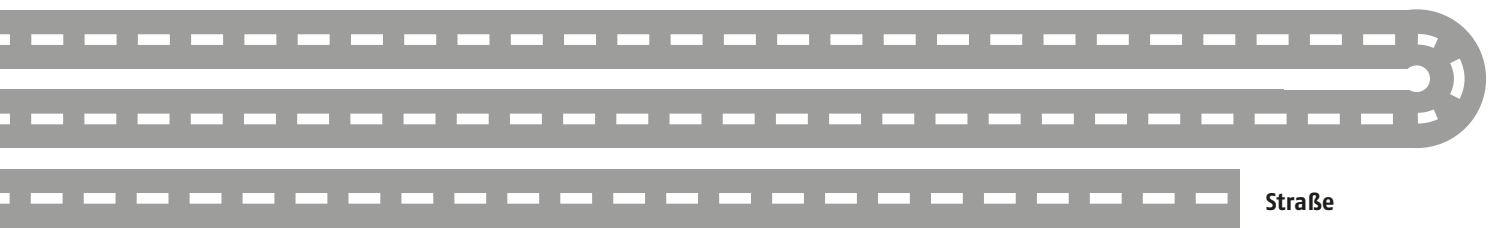
CO₂-Emissionen im Güterverkehr

in Deutschland, jährlich



Straßenneubau vs. Ausbau des Schienennetzes

in Deutschland



Je 1 km Schiene werden
150 km Straße neu ge-
baut in Deutschland.



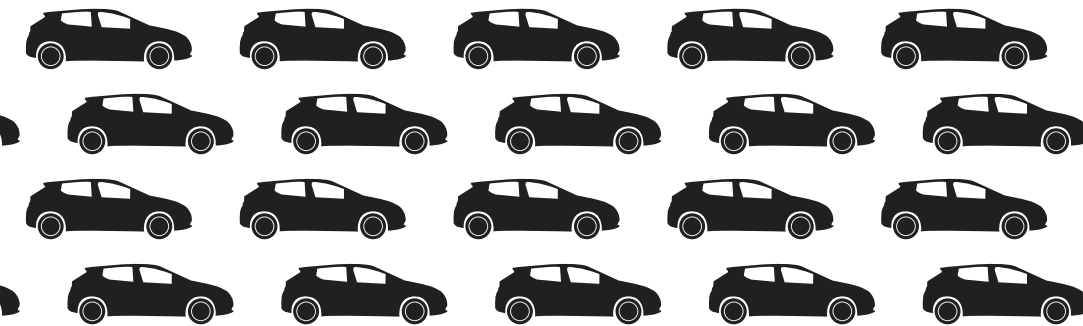
Straße

150 km



Schiene

0 1 km



48 249 000

PKWs



3 410 000

LKWs

Gütertransport der Zukunft?

Würde man das aktuelle Gütervolumen in
Deutschland komplett per Zug transportieren,
entstünden nur:



11 Mio. t CO₂
Gesamtemissionen



Infrastruktur treibt Entwaldung an ...

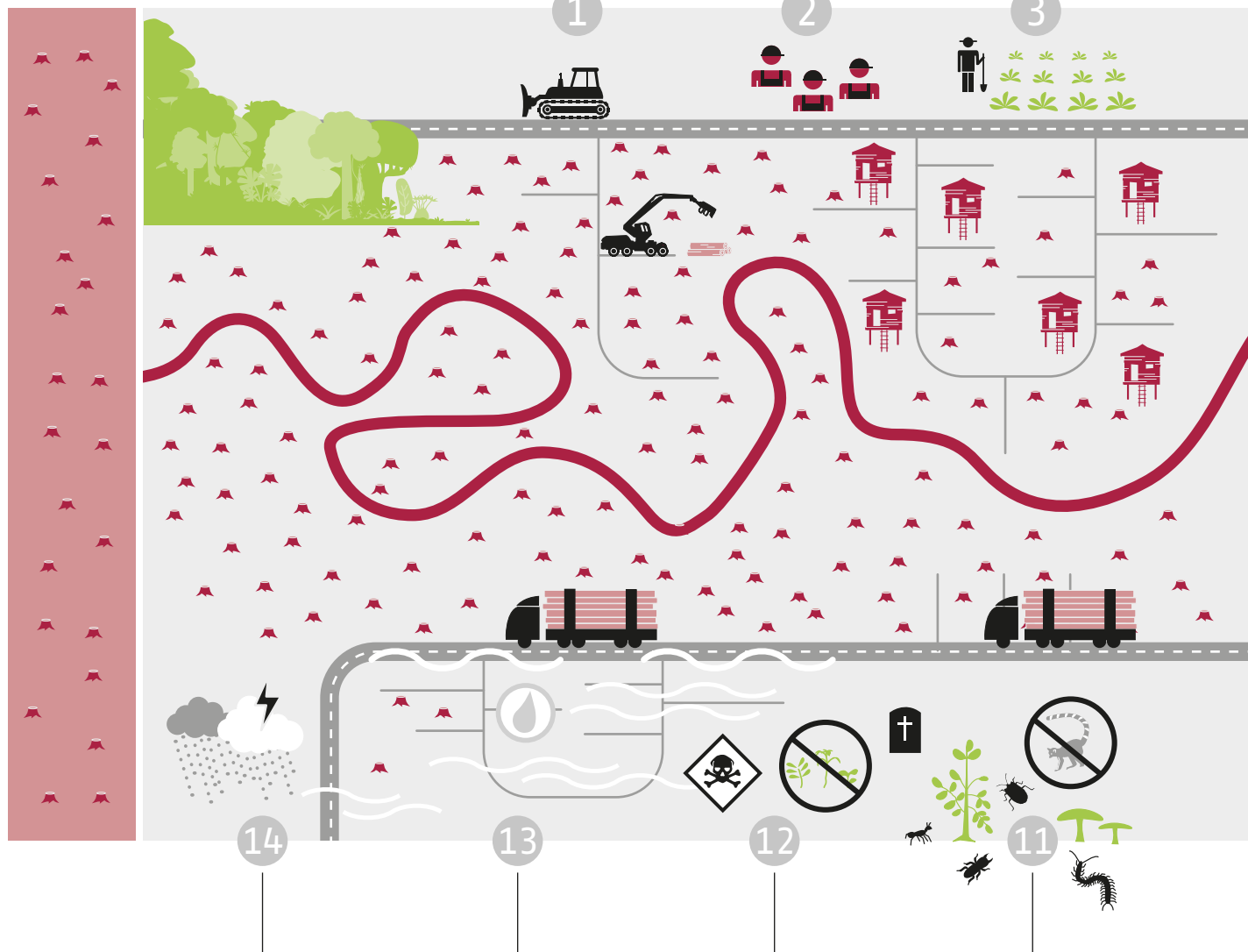
5 %
der Entwaldung finden in größerer Distanz zur Infrastruktur statt.

95 %
der Entwaldung finden im 5-km-Radius um Straßen oder navigierbare Flüsse statt.

1
Die erste Straße wird durch den Wald gebaut.

2
Arbeitskräfte ziehen vermehrt in die Region.

3
Dörfer und kleine Felder entstehen.



14
Wasserkreislauf & Mikroklima werden durch Straßen und große entwaldete Flächen gestört.

13
Zunahme der Erosion: Straßen konzentrieren den Regenwasserablauf und verdichten die Böden.

12
Verunreinigung der Böden und Flüsse mit Schwermetallen, Chemikalien und Salzen

11
Verlust von Biodiversität sowie Gefährdung von stark bedrohten Arten

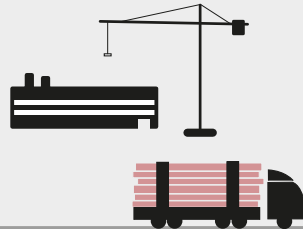
Waldnutzung
für Feuerholz,
Hausbau und Jagd
nehmen zu.



4

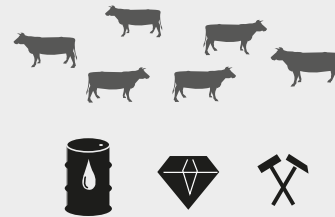
Weitere Unternehmen
siedeln sich
durch die neue
Infrastruktur an,
die Arbeiter-
siedlungen
wachsen.

5



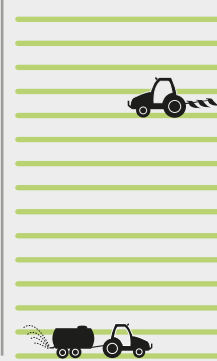
Mehr Straßen
werden in den
Wald gebaut,
um den Profit
zu erhöhen.
Die Abholzung
nimmt zu.

6



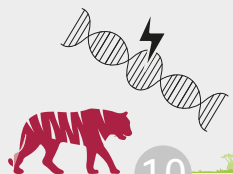
Riesige Brachflächen
ziehen indus-
trielle Unter-
nehmen an:
Landwirtschaft,
Rohstoffabbau,
Energiegewin-
nung u. v. m.

7



Zugtrassen,
Rohrleitungen
und Häfen
werden gebaut,
um die neuen
Produkte abzu-
transportieren.

8



10

Migrationsrouten,
Futtersuche, Ver-
haltensweisen und
Genetik der Tiere
werden gestört.

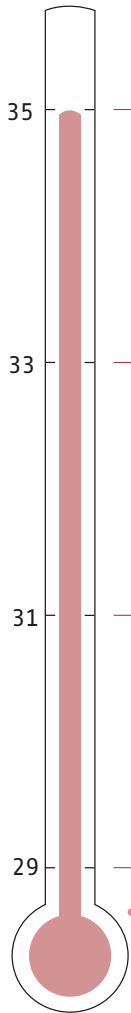


9

Fragmentierung
und Degradierung
des Lebensraums
wirken sich auf
Ökosysteme aus.

... mit schwerwiegenden Folgen
für Tiere und Umwelt.

Grüne Städte & urbane Wälder



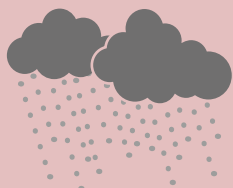
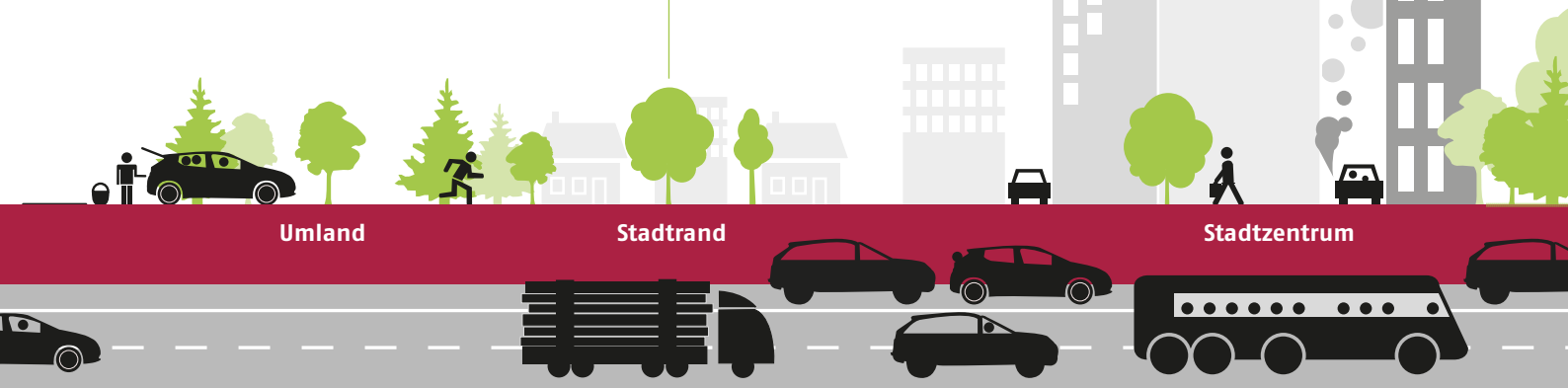
Hitzeinseln

In Innenstädten bilden sich im Sommer sogenannte Hitzeinseln. Wärmespeichernde Baumaterialien und Asphalt, zunehmender Verkehr, dichte Bebauung und daraus resultierende verminderte Windbewegungen erhöhen den Hitzestau in der Stadt.

Verlauf der Wärmekurve vom Stadtrand bis zum Zentrum in °C

Luftfilter

Bäume reinigen unsere Luft von Schadstoffen wie Feinstaub und Ozon. Je höher die Gesamtgröße der Blattfläche eines Baumes ist, desto mehr Schadstoffe kann er aus der Luft filtern. Spitzahorn ist dafür besonders geeignet.



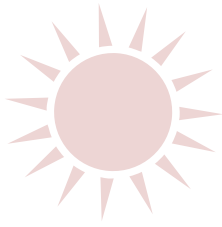
Starkregen

Bäume sorgen dank ihres Wurzelwerks für besseren Wasserablauf und Versickerung.



Temperatur

Der Schatten einer Baumkrone kann die Oberflächen- und Lufttemperatur sowie die Innentemperatur umliegender Gebäude senken.



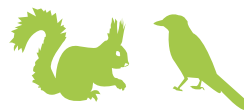
Grüne Städte mit vielen Bäumen und Parkanlagen verbessern die Lebensqualität und die Gesundheit der Menschen. In Zeiten der Klimakrise ist mit mehr Hitzewellen zu rechnen, unter denen die städtische Bevölkerung (die bis 2030 rund 60 % der Weltbevölkerung ausmachen wird) stärker leidet, da sich dort die Hitze oft staut.

Bäume, Pflanzen und Rasenflächen sorgen in Parks und Grünanlagen durch Verdunstung für Kühlung. Ei-

nige Baumarten haben höhere Kühlungseffekte als andere. Generell gilt: Je weniger Wasser ein Baum benötigt, desto wirksamer ist er. Denn Bäume kühlen die Umgebung nur, solange ihnen genug Wasser zur Verfügung steht. Bei zu trockenem Boden ist keine Verdunstung möglich, die Bäume absorbieren allerdings weiterhin durch ihr dunkles Kronendach Sonnenenergie, was zur Erwärmung der Umgebung führt.

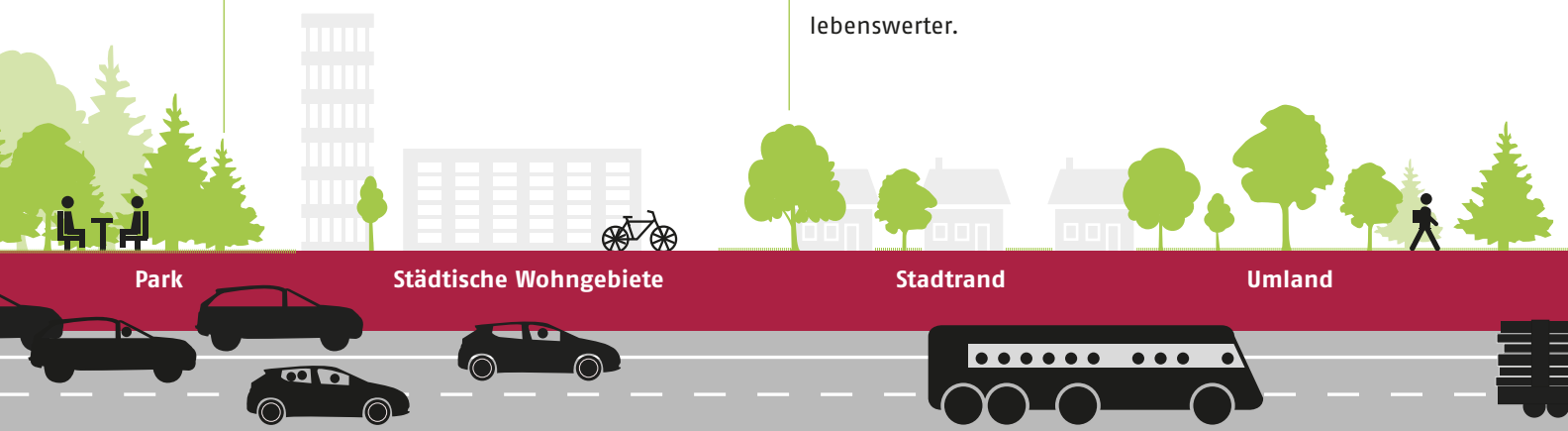
Klimaanlage

An einem heißen Sommertag können Bäume und begrünte Dächer ihre Umgebung signifikant kühlen. Während sie bis zu 400 Liter Wasser verdunsten, wird bei dem Prozess Wärme verbraucht, was wiederum die Umgebungsluft kühlt.



Lebensraum

Eichhörnchen, Fledermäuse, Bienen und Singvögel: Stadtbäume bieten vielen Tieren einen Lebensraum, erhöhen so die urbane Artenvielfalt und machen Städte lebenswerter.



Lärm

Bäume und begrünte Fassaden verringern die Schallintensität des Straßenverkehrs.



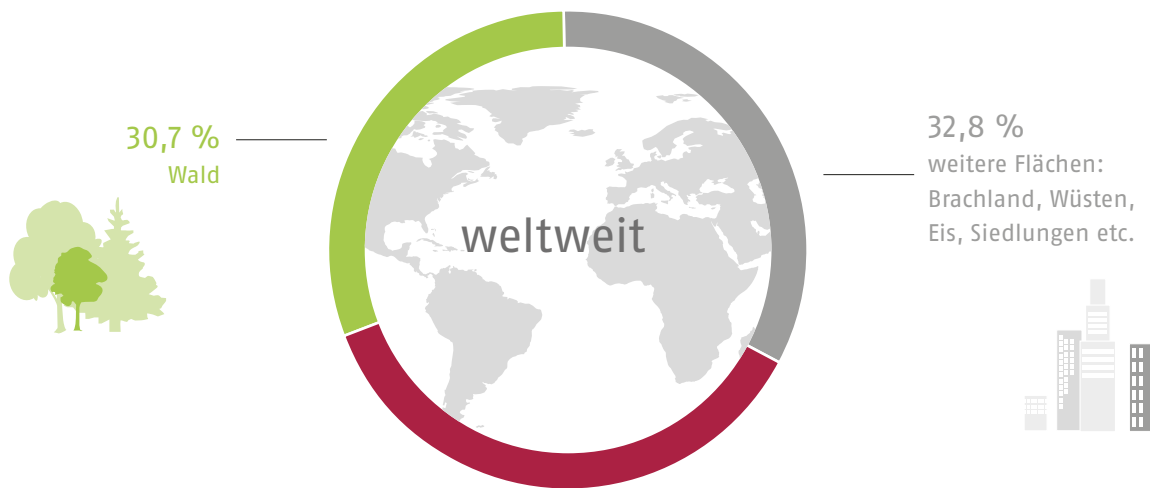
Wind

Bäume bremsen Windböen aus und verringern das Aufwirbeln von Staub bei Stürmen.



Landwirtschaft

So wird die Welt ernährt



Betriebe

Mehr als

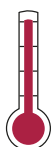
608 Mio.

landwirtschaftliche Betriebe gibt es weltweit, 84 % sind kleiner als 2 ha. Mehr als ein Drittel der Lebensmittel weltweit werden auf diesen kleinen Bauernhöfen angebaut.

36,5 % Landwirtschaftliche Flächen, aufgeteilt in:



Kleine Höfe leiden durch die Klimakrise am stärksten ...



Hitzewellen



Dürren



Waldbrände



Überflutungen



Starkregen und Unwetter

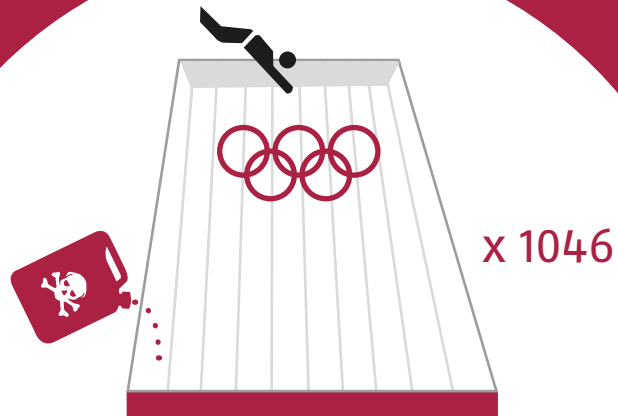


Krankheiten

Schadstoffe

2,66 Mio. t

Pestizide wurden weltweit im Jahr 2020 auf Felder gesprüht. Damit könnte man über 1000 olympische Schwimmbecken füllen.



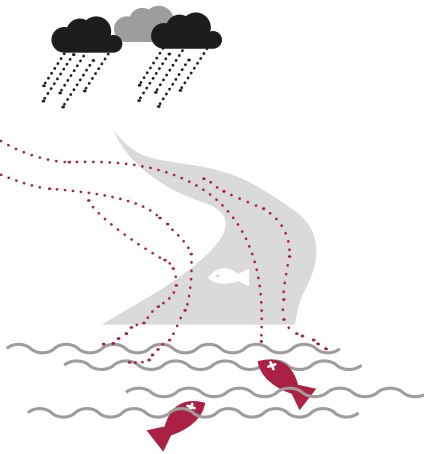
408 000 t

Pestizide wurden in den USA gesprüht, fast ebenso viel in Brasilien (377 000 t). China ist weltweit auf Rang 3 mit 263 000 t im Jahr 2020.



78 %

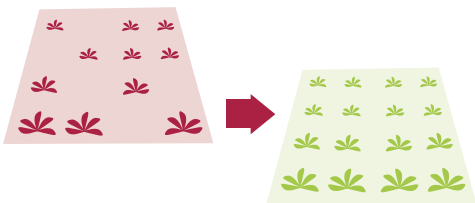
der weltweiten Überdüngung und damit einhergehenden sauerstoffarmen Todeszonen in den Ozeanen werden durch landwirtschaftliche Abwässer (z. B. Düngung und Pestizide) verursacht.



Produktivität

28 %

produktiver muss die Landwirtschaft weltweit werden, um bis zum Jahr 2030 die Emissionsziele des Pariser Klimaabkommens und das »Null Hunger«-Ziel der Vereinten Nationen einzuhalten.



Süßwasserverbrauch

weltweit

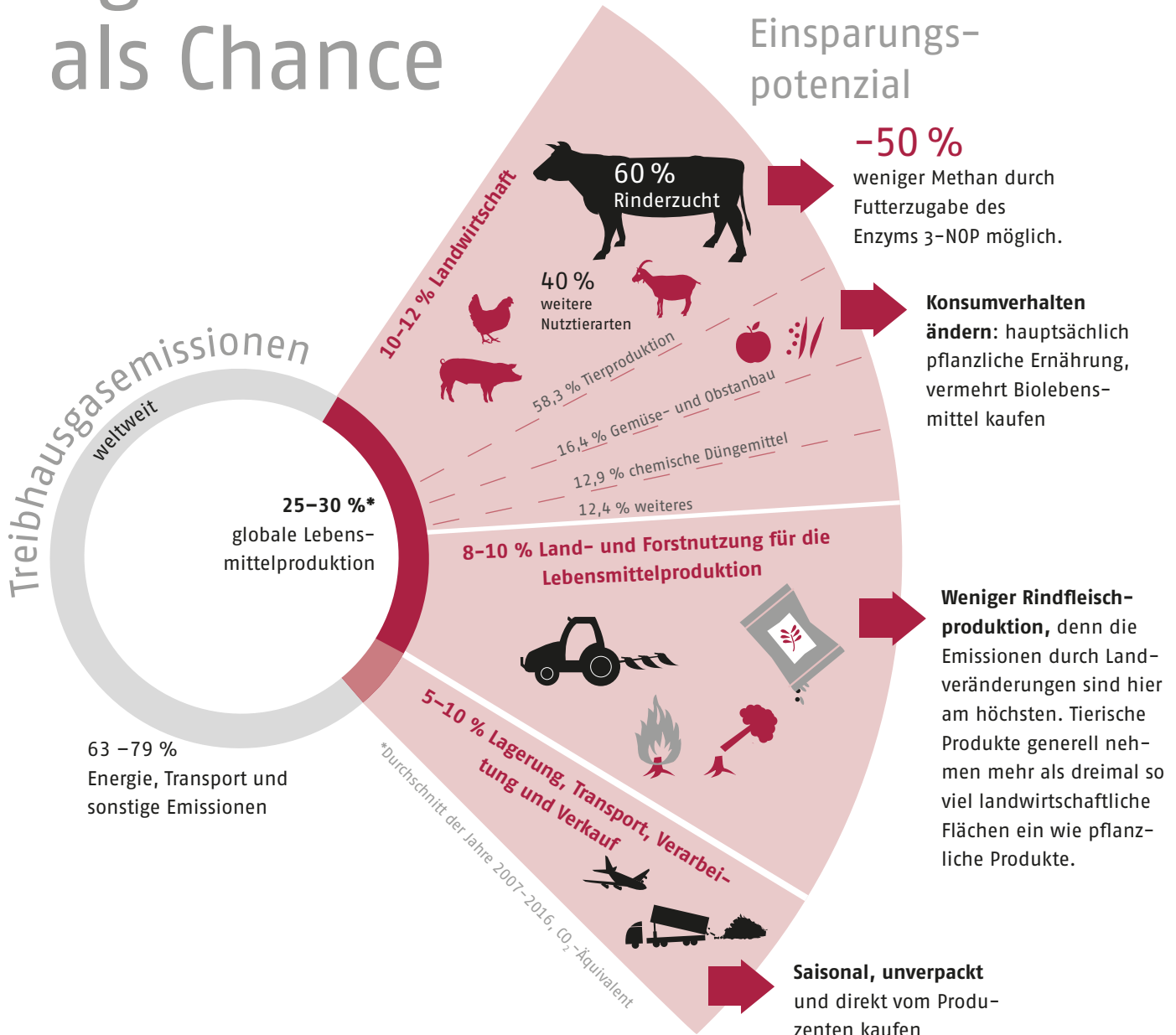
Haushalte 11 %

Industrie 19 %

Mit **70 %** ist die Landwirtschaft der größte Wasserverbraucher weltweit.

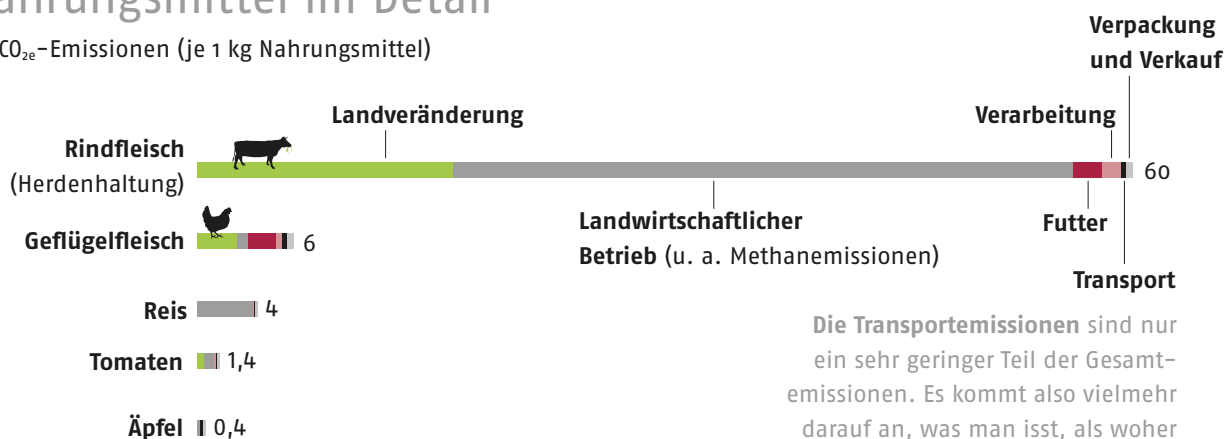


Agrarwende als Chance

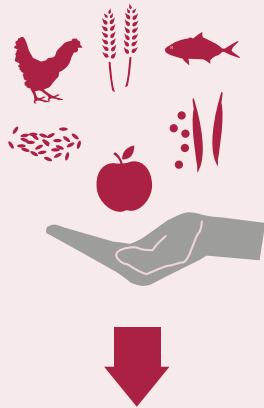


Nahrungsmittel im Detail

kg CO_{2e}-Emissionen (je 1 kg Nahrungsmittel)

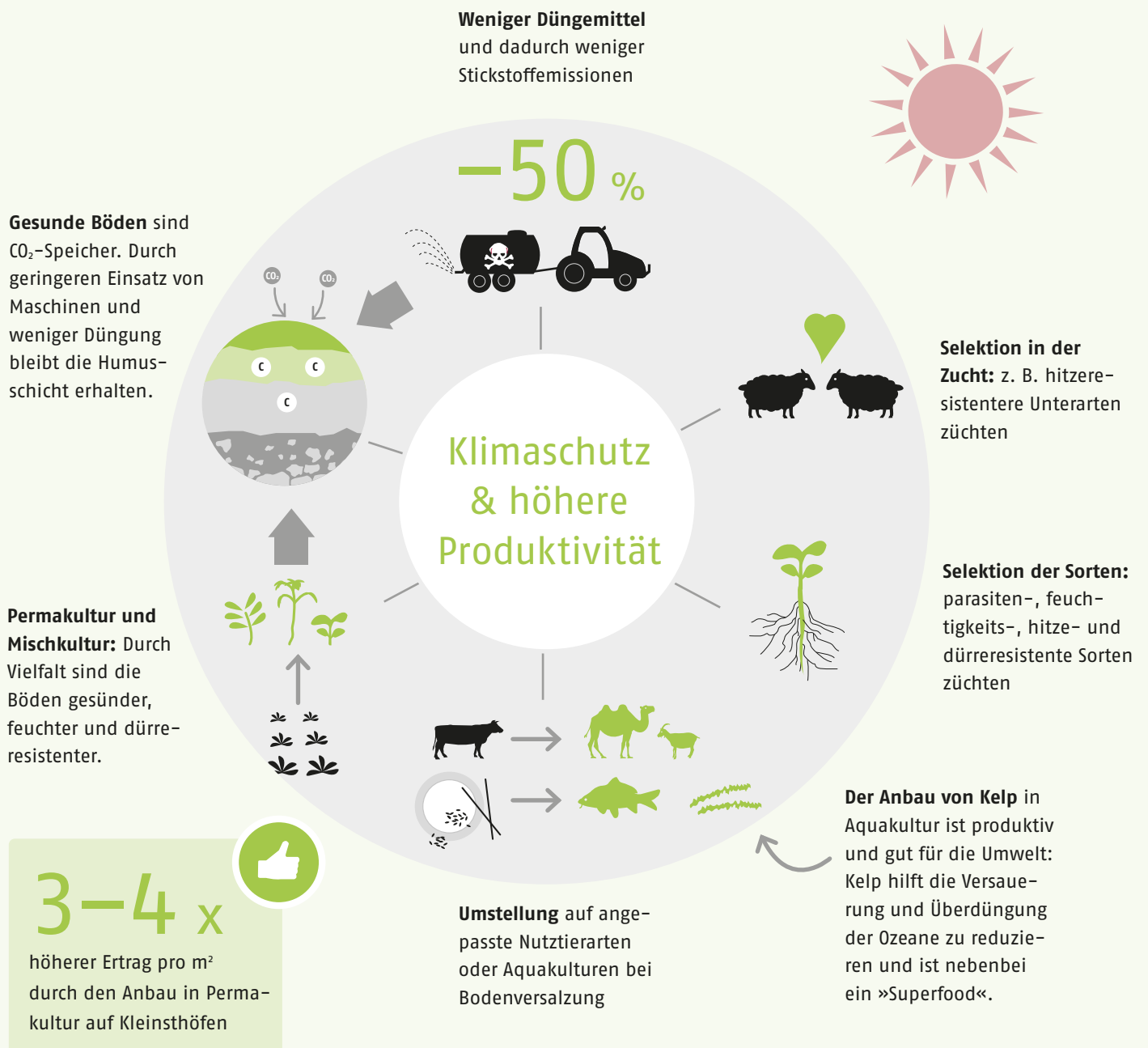


Gefährdung der Nahrungsmittelsicherheit durch die Klimakrise



-20 %
weniger Ernteertrag bis 2050 für Sorten wie Mais in Afrika

Lösung: Anpassung der Agrartechniken



Zukunftsweisende Agroförstwirtschaft

1 Äcker & Bäume (Silvoarable Systeme)



»Alley Cropping«

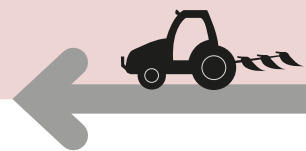
Bäume und Ackerpflanzen werden in parallelen Reihen angebaut, teilweise so eng, dass sich die Baumkronen berühren können. Meist werden Fruchtbäume oder Werthölzer gepflanzt, z. B. Walnuss, Kirsche, Eiche oder Kastanie. Auf dem Acker werden Mais, Weizen, Roggen, Kartoffeln oder Bohnen angebaut.

Gewässerschutzstreifen

Sie werden gezielt um Flüsse und Seen herum angelegt, beherbergen Agroförstprodukte, stabilisieren den Uferbereich, schützen die Wasserqualität und erhöhen die Biodiversität. In einigen Ländern und Regionen sind Gewässerschutzstreifen per Gesetz auf öffentlichen und privaten Flächen sogar Pflicht.

Windschutzhecken

In U- oder L-Form werden unterschiedliche Gehölze einreihig oder mehrreihig an der windzugewandten Seite der Felder, meist Obstplantagen, angelegt. Sie können auf dem Acker ein kühleres und feuchteres Mikroklima erzeugen. Zudem bilden sie einen Lebensraum für viele Arten und erhöhen so die Biodiversität.



Nachhaltig & klimaflexibel



Landwirtschaftliche Flächen dürfen in Zeiten der Klimakrise und des globalen Bevölkerungswachstums keine Wälder verdrängen. Stattdessen müssen vorhandene Flächen klüger, produktiver und vielseitiger genutzt werden, u. a. durch eine strategische Kombination aus Landwirtschaft mit Bäumen und Waldflächen. So profitieren langfristig nicht nur die Landwirte, sondern die gesamte Gesellschaft von den daraus resultierenden ökologischen und ökonomischen Verbesserungen.



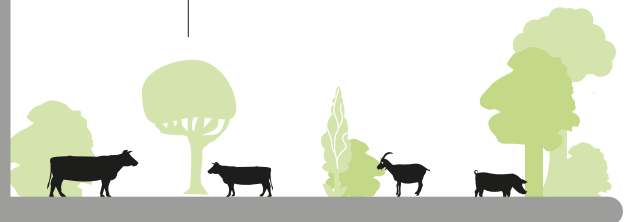
»Forest Farming«

Hauptsächlich in den USA und Kanada praktiziert. Dabei werden in einem Waldstück hochpreisige Heilpflanzen, Kräuter, Pilze oder Blumen angebaut, während gleichzeitig Werthölzer gefällt werden, allerdings in einer schonenden Art und Weise, sodass das Waldklima erhalten bleibt.

2 Tiere & Bäume (Silvopastorale Systeme)

Halboffene Weidelandschaften & Streuobstwiesen

An heißen Tagen bieten Weiden mit Bäumen und Waldstücken Schatten für die Tiere und erhöhen die Bodenfeuchtigkeit bei Dürren, zudem können je nach Bewaldung auch Brennholz, Pilze, Beeren, Tierfutter oder Einstreu geerntet werden.



3 Äcker, Tiere & Bäume (Agrosilvopastorale Systeme)

Dehesa & Waldgärten

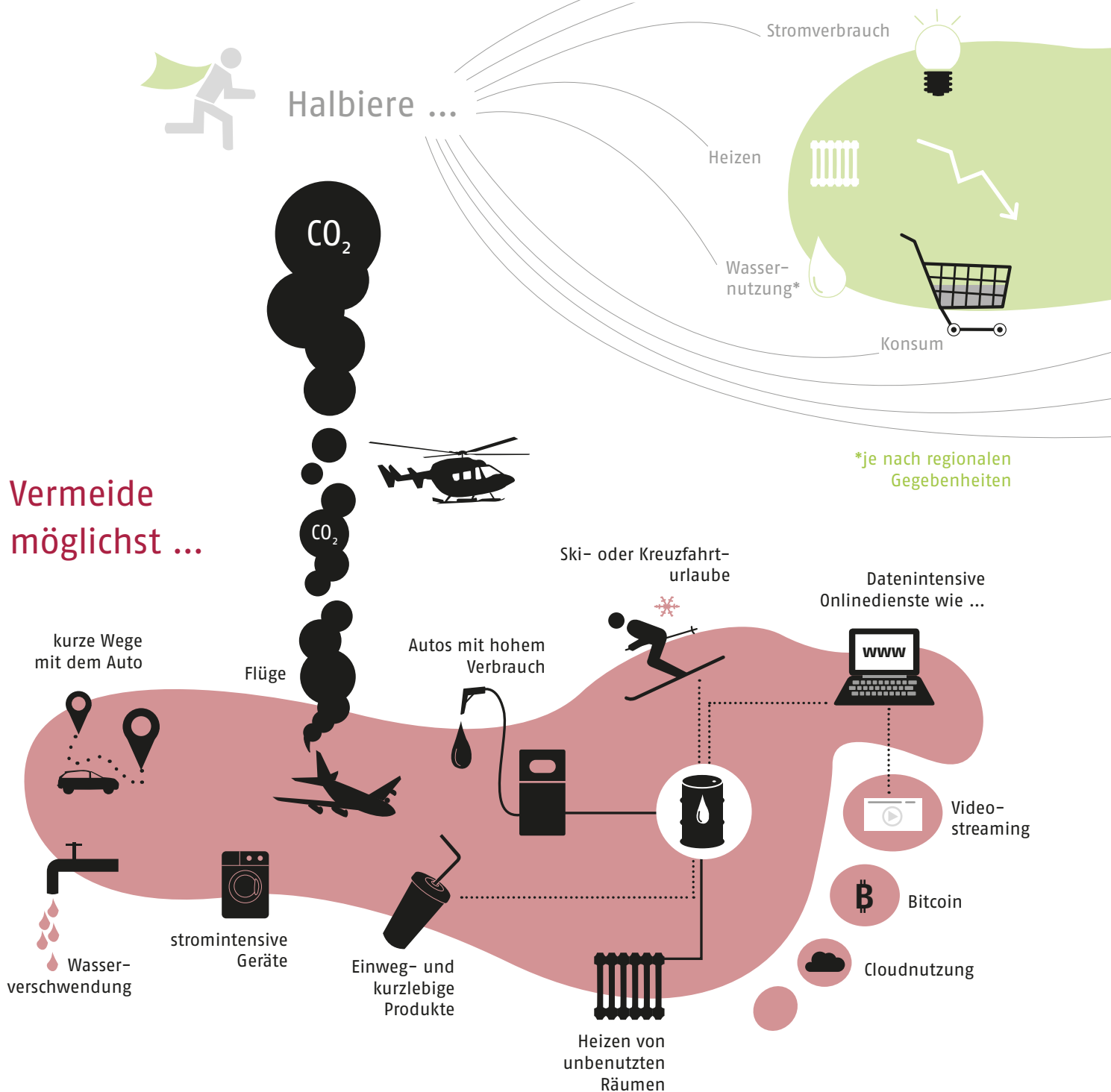
In Spanien wurde um 2500 v. Chr. die sogenannte Dehesa eingeführt. Wie in Waldgärten wird hier eine Bewirtschaftung mit Holz, Vieh sowie Obst, Gemüse und Honig praktiziert.





Persönlicher Wandel

Den ökologischen Fußabdruck reduzieren



Nachhaltig konsumieren

Heimische Hölzer statt Tropenholz oder noch besser: recyceltes Holz kaufen!



Reduzierter Verpackungsmüll



Zero Waste anstreben

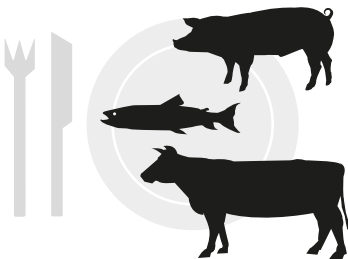
Saisonale Nahrungsmittel direkt beim lokalen Erzeuger kaufen



Produkte, die Palmöl enthalten, wo möglich, vermeiden



Pflanzliche und Biolebensmittel bevorzugen



Fleischkonsum auf ein Minimum reduzieren

Verbessere Deinen CO₂-Handabdruck!

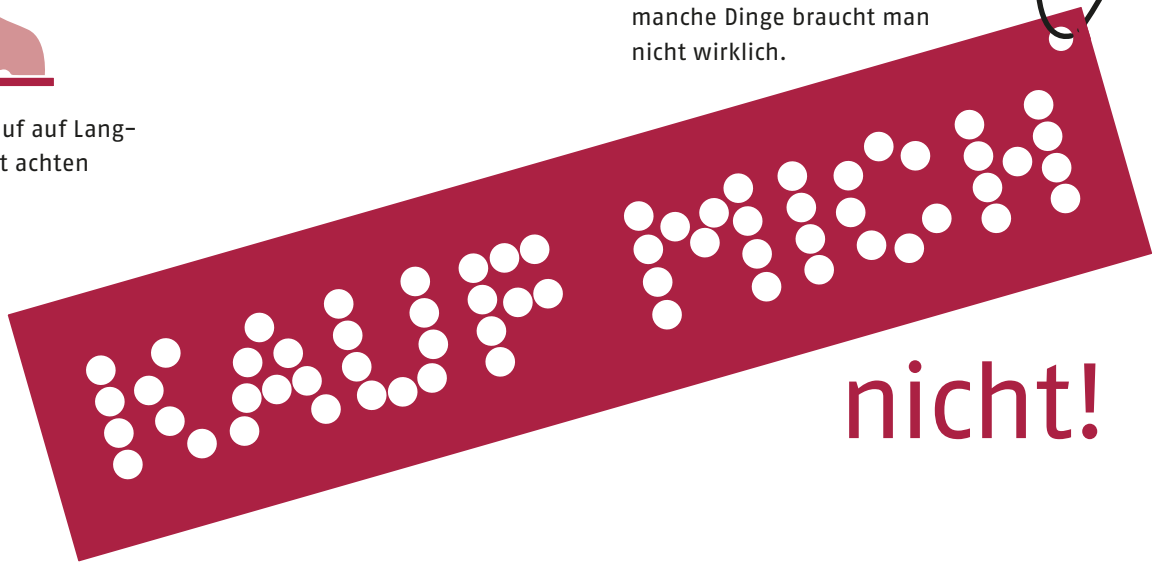
Der Climate Handprint ist die Ergänzung des CO₂-Fußabdrucks um unsere Handlungen. Er zeigt und misst, was wir für das Klima tun und was wir sein lassen, um es zu schützen. Wo und wie kann unser Handprint wachsen? Mehr Inspirationen gibt es hier: climate-handprint.de





Beim Kauf auf Lang-
lebigkeit achten

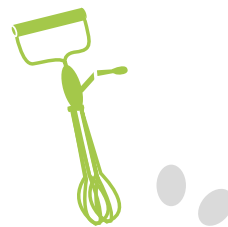
Jeden Neukauf hinterfragen,
manche Dinge braucht man
nicht wirklich.



Qualität statt Quan-
tität bevorzugen, be-
sonders bei Kleidung



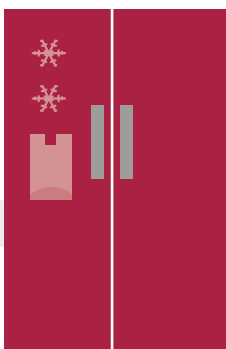
So viel wie möglich
gebraucht kaufen



Weniger Elektro-
geräte kaufen, nach
manuellen Alternati-
ven suchen

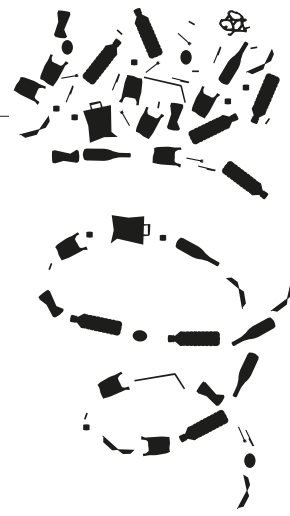


Reparieren statt
neu kaufen,
z. B. mithilfe von
»Repair-Cafés«



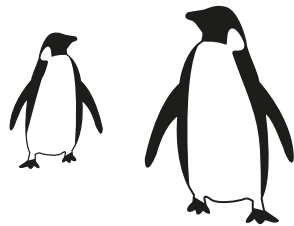
AAA+

Kleine und energie-
effiziente Elektro-
geräte bevorzugen



Natur schützen

Jeder Mensch
mit Ideen und
Tatendrang
kann großes
bewegen.



13 Mio. ha.
Meeres- und Küsten-
lebensraum wurden
in Argentinien unter
Schutz gestellt.
25 Jahre lang hat
Pablo Garcia Borbo-
roglu mit seiner NGO
»Global Penguin
Society« darauf hin-
gearbeitet.

An **209** Wochen-
enden hat der Rechts-
anwalt Afroz Shah
7000 t Müll vom Verso-
va-Strand in Mumbai
gesammelt – 220 000
Freiwillige haben ihm
dabei geholfen. Die UN
hat daraufhin die welt-
weite »Clean Seas«-
Kampagne gestartet.

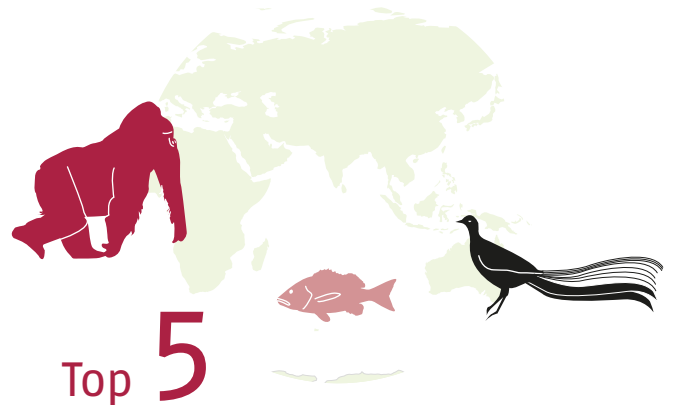
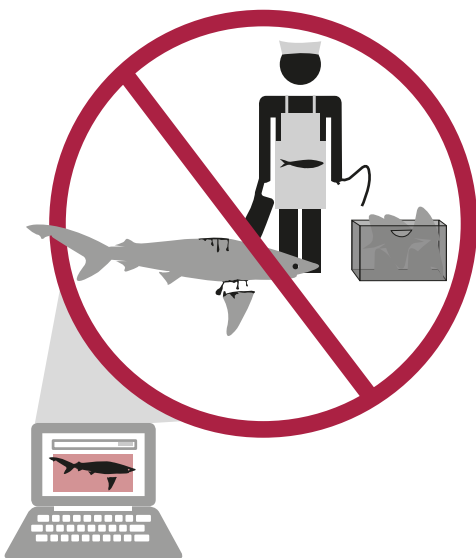
Mit **16** Jahren ist John
Abad aus Peru bereits Preisträger
u. a. des International Young
Eco-Hero Awards und mobili-
siert Tausende Menschen, Plastik
zu sammeln, studiert die Ver-
schmutzung des Chillón-Flusses
und trägt seine Ergebnisse u. a.
dem Umweltminister vor.



100 000 €

hat der deutsche Naturfotograf und Meeresbiologe Robert Marc Lehmann (Mission Erde e. V.) in einem Livestream auf Youtube in einer spontanen Aktion für den Haischutz gesammelt.

#haibockangriff



Top 5

der bekanntesten Naturschützer*innen: Dokumentarfilmer David Attenborough, Gorillaexpertin Dr. Dian Fossey, Meeresbiologin Dr. Sylvia Earle, Schimpansenforscherin Dr. Jane Goodall und Klimaaktivistin Greta Thunberg – ohne sie wäre Natur- und Klimaschutz nicht im Fokus der Weltöffentlichkeit.



Mit **111** Jahren kümmert sich die Umweltschützerin **Saalumarada Thimmakka** aus Indien immer noch um den von ihr in den letzten 70 Jahren gepflanzten Banyan-Wald und setzt sich im Kabinett für den Umweltschutz ein.

Quellen

Alle Weblinks Stand 19.01.2023

Mehrmals verwendet:

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2019): IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. <https://www.ipcc.ch/srocc>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021): Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Working Group I. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

IPCC (WG-II) (2022): Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group II. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

IPCC (WG-III) (2022): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group III. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>

Umweltbundesamt (UBA) (2021): Die Treibhausgase. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>

World Ocean Review (WOR) (2019): World Ocean Review 6, Arktis und Antarktis – extrem, klimarelevant, gefährdet. Hrg. Maribus, Hamburg. <https://worldoceanreview.com/de/wor-6/>

Seiten Quellenangaben

- 006 | 007 Aspen Global Change Institute (AGCI) (2022): Earth Systems. <https://www.agci.org/earth-systems/geosphere>
- 010 | 011 Markart, G.; Kohl, B. (2009): Wie viel Wasser speichert der Waldboden? Abflussverhalten und Erosion. BFW-Praxisinformation 19, 25-26. https://www.waldwissen.net/wald/schutzfunktion/wasser/bfw_wasserspeicher_boden/index_DE
- Perlman, H. et al. (2019): The World's Water. <https://www.usgs.gov/media/images/all-earths-water-a-single-sphere>
- United States Geological Survey (USGS) (2019): How Much Water is There on Earth? <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-there-earth>
- Zimmermann, L. et al. (2008): Wasserverbrauch von Wäldern. <https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/boden-klima/dateien/a66-wasserverbrauch-von-waeldern.pdf>
- 012 Deutscher Wetter Dienst (DWD) (2022): Wetter- und Klimalexikon – Hochdruckgebiet. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv3=101176&lv2=101094>; Wetter- und Klimalexikon – Tiefdruckgebiet. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv3=102762&lv2=102672>
- 013 Coumou, D. et al. (2018): The influence of Arctic amplification on mid-latitude summer circulation. Nature Communications. <https://www.nature.com/articles/s41467-018-05256-8>
- Kornhuber, K. et al. (2019): Amplified Rossby waves enhance risk of concurrent heatwaves in major breadbasket regions. Nature Climate Change. <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0637-z> (12.08.2021)
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2019): The science behind the polar vortex. You might want to put on a sweater. <https://www.noaa.gov/multimedia/infographic/science-behind-polar-vortex-you-might-want-to-put-on-sweater>
- NOAA (2021): How does sea ice affect global climate? Sea ice affects both global ocean temperatures and the global movement of ocean waters. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/sea-ice-climate.html>
- Voosen, P. (2020): New feedbacks speed up the demise of Arctic sea ice. Science 28.08.2020: Vol. 369, Ausgabe 6507. <https://science.sciencemag.org/content/369/6507/1043>
- 014 | 015 NOAA (2021): Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale. National Hurricane Center. <https://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>; How do hurricanes form? <https://oceanservice.noaa.gov/facts/how-hurricanes-form.html>

- Rahmstorf et al. (2018): Does global warming make tropical cyclones stronger?
<https://www.realclimate.org/index.php/archives/2018/05/does-global-warming-make-tropical-cyclones-stronger/>
- Velden C. et al. (2017): Reprocessing the Most Intense Historical Tropical Cyclones in the Satellite Era Using the Advanced Dvorak Technique. *Mon. Weather Rev.* 145(3):971–983.
- 016–019 DWD (2018): Klimawandel – ein Überblick.
https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/ueberblick/ueberblick_node.html
- Rahmstorf, S. (2013): Wie funktioniert eigentlich der Treibhauseffekt? http://www.pik-potsdam.de/~stefan/leser_antworten.html
- Riedel, E., Janiak, C. (2015): Anorganische Chemie. De Gruyter Studium.
- United Nations Climate Change (UNFCCC) (2022): What is the Kyoto Protocol? https://unfccc.int/kyoto_protocol
- 024 | 025 NOAA (2022): Greenhouse gas emissions are on the rise. <https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/2816>
- UN (2013): World Population Prospects: The 2012 Revision. New York.
https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2012_highlights.pdf
- UN (2018): World Population Prospects 2017. <https://population.un.org/wpp/Graphs/>
- 026 | 027 Global Carbon Atlas (GCA) (2022): Fossil Fuel Emissions. Interaktive Karte. <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>
- 028 | 029 Loeb, N. G. et al. (2021): Satellite and Ocean Data Reveal Marked Increase in Earth's Heating Rate. *Geophysical Research Letters*.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2021GL093047>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2022): GISS Surface Temperature Analysis (v4). Global Maps.
<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>
- NOAA (2022): Climate at a Glance. Global Time Series.
<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>
- 030 | 031 Cheng, L. et al. (2019): How fast are the oceans warming? *Science*, 11.01.2019: Vol. 363, Issue 6423, DOI: 10.1126/science.aav7619. <https://science.sciencemag.org/content/363/6423/128>
- EPA (2016): Climate Change Indicators in the United States: Ocean Heat.
<https://www.epa.gov/climate-indicators/downloads-indicators-report>
- Gleckler, P. J. et al. (2016): Industrial-era global ocean heat uptake doubles in recent decades. *Nature Climate Change* volume 6, S. 394–398. <https://www.nature.com/articles/nclimate2915>
- Resplandy, L. et al. (2018): Quantification of ocean heat uptake from changes in atmospheric O₂ and CO₂ composition. *Nature* 563, 105–108. <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0651-8>
- 032 | 033 Armstrong McKay, D. I. et al. (2022): Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science* Volume 377, Issue 6611, Sep 2022. <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.abn7950>
- 034 | 035 Cho, R. (2021): Climate Migration: An Impending Global Challenge.
<https://news.climate.columbia.edu/2021/05/13/climate-migration-an-impending-global-challenge/>
- 036 | 037 Carbon Brief (CB) (2017): Mapped: How climate change affects extreme weather around the world.
<https://www.carbonbrief.org/mapped-how-climate-change-affects-extreme-weather-around-the-world>
- Funk, C. et al. (2015): *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 96(12), S. 77–82.
- Kam, J. et al. (2015): *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 96(12), S. 61–65.
- King, A. D. et al. (2015): *Environmental Research Letters*, 10(5), 54002.

Junghänel, T. et al. (2021): Hydro-klimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021. Deutscher Wetterdienst.
https://rcc.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20210721_bericht_starkniederschlaege_tief_bernd.html

Murakami, H. et al. (2015): Bull. Amer. Meteor. Soc., 96(12), S. 115–119.

Shiogama, H. et al. (2013): Atmospheric Science Letters, 14(3), S. 170–175.

Sweet, W. V. et al. (2013): Bull. Amer. Meteor. Soc., 97(12), S. 25–30.

Sweet, W. V. et al. (2013): Bull. Amer. Meteor. Soc., 94(9), S. 17–20.

Szeto, K. et al. (2016): Bull. Amer. Meteor. Soc., 97(12), S. 42–46.

Zhang, W. et al. (2016): Bull. Amer. Meteor. Soc., 97(12), S. 131–135.

World Weather Attribution (WWA) (2020): Attribution of the Australian bushfire risk to anthropogenic climate change.
<https://www.worldweatherattribution.org/bushfires-in-australia-2019-2020/>

WWA (2021): Siberian heatwave of 2020 almost impossible without climate change.
<https://www.worldweatherattribution.org/siberian-heatwave-of-2020-almost-impossible-without-climate-change/>

WWA (2021): Climate Change made devastating early heat in India and Pakistan 30 times more likely. <https://www.worldweatherattribution.org/climate-change-made-devastating-early-heat-in-india-and-pakistan-30-times-more-likely/>

038 | 039 Eakin, C. M. et al. (2018): Unprecedented three years of global coral bleaching 2014–17. Bulletin of the American Meteorological Society, 99(8), S74–S75.

Friedlingstein, P. et al. (2022): https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/22/files/GCP_CarbonBudget_2022.pdf
MCC (2022): <https://www.mcc-berlin.net/en/research/co2-budget.html>

Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) (2022): That’s how fast the Carbon Clock is ticking.
<https://www.mcc-berlin.net/en/research/co2-budget.html>

Mora, C. et al. (2017): Global risk of deadly heat. Nature Climate Change volume 7, pages 501–506 (2017)
<https://www.nature.com/articles/nclimate3322> und <https://maps.esri.com/globalriskofdeadlyheat>

NASA (2022): Sea Level Rise Viewer. Interaktive Karte. https://sealevel.nasa.gov/data_tools/17

World Resource Institute (WRI) (2022): Reefs at risk revisited. Interaktive Karte.
<https://www.wri.org/our-work/project/reefs-risk/interactive-map#project-tabs>

040 | 041 Bai, X. et al. (2018): Six research priorities for cities and climate change. Nature 555, 23–25 (2018). DOI: 10.1038/d41586-018-02409-z. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-02409-z>

Gitz, V. et al. (2016): Climate change and food security: risks and responses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/a-i5188e.pdf>

Scherer, M., Tänzler, D. (2018): The Vulnerable Twenty – From Climate Risks to Adaptation. A compendium of climate fragility risks and adaptation finance needs of the V20 countries. adelphi research.
<https://www.adelphi.de/en/publication/vulnerable-twenty>

042 | 043 Irvine, P., Keith, D. (2021): The US Can’t Go It Alone on Solar Geoengineering. Environmental Affairs.
<https://policyexchange.org.uk/the-us-cant-go-it-alone-on-solar-geoengineering/>

044 | 045 BP (2022): Statistical Review of World Energy.
<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

International Renewable Energy Agency (Irena) (2021): IRENA (2021). Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021.
<https://irena.org/publications/2021/Oct/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2021>

The World Bank (WBG) (2017): Annual Report 2017.
<https://pubdocs.worldbank.org/en/908481507403754670/Annual-Report-2017-WBG.pdf>

World Health Organization (WHO) (2018): Interactive global ambient air pollution map. <https://www.who.int/airpollution/en/>

046 Quaschnig, V. (2021): Erneuerbare Energien und Klimaschutz. Carl Hanser Verlag München.

Rollet, C. (2019): Are rare earths used in solar panels?
<https://www.pv-magazine.com/2019/11/28/are-rare-earths-used-in-solar-panels/>

047 Hornung, C. (2020): Windenergien. Wie funktioniert eine Windkraftanlage? enercity Magazin.
<https://www.enercity.de/magazin/unsere-welt/so-funktioniert-eine-windkraftanlage>

Fechner, H., Zwiauer, K. (2021): Grundlagen Windenergie. Geschichte der Windenergie.
<https://www.e-genius.at/lernfelder/erneuerbare-energien/grundlagen-windenergie>

048 | 049 Bundesverband Windenergie (BWE) (2021): Windenergie im Forst.
<https://www.wind-energie.de/themen/mensch-und-umwelt/wind-im-forst/>

Ember (2022): Global Electricity Review 2022. <https://ember-climate.org/insights/research/global-electricity-review-2022>

International Energy Agency (IEA) (2012): Net Zero by 2050. Report. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

Kühl, A. (2019): 24 Fakten zur Photovoltaik. Solarstrom Magazin Solarimo.
<https://solarimo.de/solarstrom-magazin/24-fakten-photovoltaik/>

050 | 051 IEA (2022): Transport sector CO₂ emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000–2030. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>

Paoli, L. et al. (2021): Electric Vehicles. IEA Report. <https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>

Tiseo, I. (2021): Greenhouse gas emissions from the transportation sector worldwide from 1990 to 2018. Statista.
<https://www.statista.com/statistics/1084096/ghg-emissions-transportation-sector-globally/#:~:text=Global%20greenhouse%20emissions%20of%20from%20the,during%20the%202009%20global%20recession>

Plötz, P., Link, S. (2021): Projekt Zero-Emission Delivery – Lieferverkehr mit Batterie-Lkw: Machbarkeit 2021. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/12/2021_12_13_Fraunhofer-ISI_Webinar_Kann-der-Lieferverkehr-elektrisch.pdf

052 | 053 Carbfix (2022): We turn CO₂ into Stone. <https://www.carbfix.com/>

EnergyNow Media (2021): Introduction to Carbon Capture and Storage (CCS) Technology.
<https://energynow.ca/2022/02/introduction-to-carbon-capture-and-storage-ccs-technology>

Geoengineering Monitor (2021): Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -speicherung (BECCS).
https://www.boell.de/sites/default/files/2021-01/GM_BECCS_de.pdf

GEOMAR (2021): Den Ozean zum Verbündeten beim Klimaschutz machen.
<https://www.geomar.de/news/article/den-ozean-zum-verbuedeten-beim-klimaschutz-machen>

Mengis, N., Kalhori, A. (2021): Moore als natürliche CO₂-Speicher.
<https://www.wissenschaftsjahr.de/2020-21/koepfe-des-wandels/moore-als-natuerliche-co2-speicher>

UC Davis (2019): What is Carbon Sequestration and How Does it Work?
<https://clear.ucdavis.edu/explainers/what-carbon-sequestration>

054 | 055 IPCC (2014): Synthesis Report, Fifth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

UNFCCC (2017): 20 Years of Effort and Achievement: <http://unfccc.int/timeline/> (20.05.2019)
 Adoption of the Paris Agreement: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>

- 056 | 057 Burns, L. et al. (2019): Solar Geoengineering. Technology Factsheet Series. Harvard University. <https://geoengineering.environment.harvard.edu/geoengineering>
- Hüttmann, M. (2020): Geoengineering-Technologien: 9. Marine Cloud Brightening. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V. <https://www.dgs.de/news/en-detail/100120-geoengineering-technologien-9-marine-cloud-brightening/>
- Hüttmann, M. (2019): Geoengineering-Technologien: 2. Stratospheric Aerosol Injection. <https://www.dgs.de/news/en-detail/050719-geoengineering-technologien-2-stratospheric-aerosol-injection/>
- Irvine, P., Keith, D. (2020): Halving warming with stratospheric aerosol geoengineering moderates policy-relevant climate hazards. Environ. Res. Lett. 15 044011. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab76de#:~:text=Stratospheric%20aerosol%20geoengineering%20is%20a,of%20reducing%20average%20climate%20changes.w>
- Irvine, P. (2022): Could solar geoengineering have a role in future climate policy? CfCA and Cross Government Climate Hub. <https://www.youtube.com/watch?v=cgaB5VS-o0w>
- 060 | 061 Gartner, J., Armstrong, A. (2012): Mariana Trench and West Mariana Ridge, Pacific Ocean. The University of New Hampshire und NOAA, Center for Coastal and Ocean Mapping Joint hydrographic Center. <http://ccom.unh.edu/jim-gardner-and-andy-armstrong-survey-mariana-trench>
- GEOMAR (2021): 10 Fakten über die Meere. <https://www.geomar.de/en/news/article/10-fakten-ueber-die-meere>
- Mora, C. et al. (2011): How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3160336/>
- NOAA (2021): What are the oldest living animals in the world? <https://oceanservice.noaa.gov/facts/oldest-living-animal.html>
- 062 | 063 Heinrich-Böll-Stiftung (HBS) (2017): Meeresatlas 2017. Daten und Fakten über unseren Umgang mit dem Ozean. <https://www.boell.de/de/2017/04/25/meeresatlas-daten-und-fakten-ueber-unseren-umgang-mit-dem-ozean>
- 064 ARC Centre of Excellence, Coral Reef Studies (ARC) (2022): Coral bleaching and the Great Barrier Reef <https://www.coralcoe.org.au/for-managers/coral-bleaching-and-the-great-barrier-reef>
- NOAA (2019): Coral reef ecosystems. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/marine-life/coral-reef-ecosystems#:~:text=Because%20of%20the%20diversity%20of,and%20crannies%20formed%20by%20corals.>
- 065 IGBP, IOC, SCOR (2013): Ozeanversauerung. Zusammenfassung für Entscheidungsträger Third Symposium on the Ocean in a High-CO₂ World. <http://www.igbp.net/download/18.2fc4e526146d4c130b72cf/1411549163212/OzeanversauerungZfE.pdf>
- Maribus (2010): World Ocean Review – Mit den Meeren leben. <http://worldoceanreview.com>
- NOAA (2020): Ocean acidification. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification>
- 066 | 067 Eriksen, M. et al. (2014): Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. PLoS ONE 9(12): e111913. doi:10.1371/journal.pone.0111913
- Greenpeace (GP) (2007): Plastic Debris in the World's Oceans. http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/2007/8/plastic_ocean_report.pdf
- Moore, C. J. et al. (2001): A Comparison of Plastic and Plakton in the North Pacific Central Gyre. Marine Bulletin 42 (12) 1297-1300. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X0100114X>
- Ocean Conservancy, International Coastal Cleanup (ICC) (2010): Trash Travels. http://act.oceanconservancy.org/images/2010ICCRReportRelease_pressPhotos/2010_ICC_Report.pdf
- Maribus (2010): World Ocean Review – Mit den Meeren leben. <http://worldoceanreview.com>
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2005): Marine Litter. An Analytical Overview. <http://www.cep.unep.org/content/about-cep/amep/marine-litter-an-analytical-overview/view>
- 068 | 069 Global Water System Project (GWSP) (2015): GRanD Database. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/grand-v1>

Lehner, B. et al. (2011): Global Reservoir and Dam Database, Version 1 (GRanDv1): Reservoirs, Revision 01. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). <http://dx.doi.org/10.7927/H4HH6H08>.

- 070 | 071 Gustafson, C. et al. (2019): Aquifer systems extending far offshore on the U.S. Atlantic margin. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-44611-7>
- Li, P. et al. (2021): Sources and Consequences of Groundwater Contamination. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-020-00805-z>
- UBA (2022): Grundwasser. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser>
- 072 | 073 Hooijer, A. et al. (2010): Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/29039/bg_7_1505_2010.pdf?sequence=2
- Joosten, H. (2022): Moor muss nass. Wiedervernässung vorantreiben, Torfabbau verhindern, in: Wiegandt, K. (Hrsg.): 3 Grad mehr, S. 209–232, oekom verlag.
- Page, S. E., Rieley, J. O., Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), 798–818. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x>
- 074 | 075 Armstrong, R. L. et al. (2019): State of the Cryosphere. NSIDC. <https://nsidc.org/cryosphere/sotc>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2021): Global Multisensor Snow/Ice Cover Map. https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/snow/HTML/multisensor_global_snow_ice.html
- SSEC (2017): The Cryosphere in RealEarth. SSEC/CIMSS, University of Wisconsin–Madison. <https://re.ssec.wisc.edu/s/116Y9>
- Wadhams, P. (2017): A Farewell to Ice. Penguin Books.
- World Meteorological Organization (WMO) (2021): Global Cryosphere Watch. About the Cryosphere. <https://globalcryospherewatch.org/about/cryosphere.html>
- 076 | 077 Garthwaite, J. (2019): Polar vortex. The science behind the cold. Stanford University. <https://earth.stanford.edu/news/polar-vortex-science-behind-cold#gs.ro4cog>
- Kornhuber, K. et al. (2019): Amplified Rossby waves enhance risk of concurrent heatwaves in major breadbasket regions. *Nature Climate Change*. <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0637-z>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2021): The science behind the polar vortex. <https://www.noaa.gov/multimedia/infographic/science-behind-polar-vortex-you-might-want-to-put-on-sweater>
- Pruppacher, H. R., Klett, J. D. (1978): *Microphysics of Clouds and Precipitation*. D. Reidel Publishing Company, Boston, S. 714.
- 078 | 079 Alfred-Wegener-Institut (AWI) (2015): Das aktuelle Wissen zum Thema. Meereis. Fact Sheet. https://www.meereisportal.de/fileadmin/user_upload/www.meereisportal.de/MeereisPortal/Archiv_Kurzmeldungen/AWI_Factsheet_Meereis.pdf
- 080 | 081 Alfred-Wegener-Institut (AWI) (2020): Arktis und Antarktis – mehr Unterschiede als Gemeinsamkeiten? Fact Sheet.
- 082 | 083 Wang, X. et al. (2019): A new look at roles of the cryosphere in sustainable development. *Advances in Climate Change Research* 10 (2019) 124e131. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674927818301084>
- 084 | 085 Global Cryosphere Watch (GCW) (2021): About Glaciers and Ice Caps & About Freshwater Ice. World Meteorological Organization. <https://globalcryospherewatch.org/about.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013): IPCC AR5 Working Group I. Polar Regions Polar Amplification, Permafrost, Sea ice changes. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf
- Slater, T. et al. (2021): Earth's ice imbalance. *The Cryosphere*, 15, S. 233–246. <https://doi.org/10.5194/tc-15-233-2021>
- National Snow and Ice Data Center (NSIDC) (2021): State of the Cryosphere. Ice Sheets. https://nsidc.org/cryosphere/sotc/ice_sheets.html

- 086 Schuckmann, K. von et al. (2020): Heat stored in the Earth system. Where does the energy go?, *Earth Syst. Sci. Data*, Volume 12, Issue 3, 2020 <https://doi.org/10.5194/essd-12-2013-2020>
- 087 Siebert, M. et al. (2020): Twenty-first century sea-level rise could exceed IPCC projections for strong-warming futures. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.11.002>
- Slater, T. et al. (2021): Earth's ice imbalance. *The Cryosphere*, 15, S. 233–246. <https://doi.org/10.5194/tc-15-233-2021>
- 088 | 089 Damania, R. et al. (2017): *Uncharted Waters. The New Economics of Water Scarcity and Variability*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/28096>
- Luo, T. et al. (2015): *Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings*. Technical Note. World Resources Institute. <https://www.wri.org/publication/aqueduct-projected-water-stress-country-rankings>
- Hoekstra, A. (2008): *Water for Food. The water footprint of food*, S. 54. https://waterfootprint.org/media/downloads/Hoekstra-2008-WaterfootprintFood_1.pdf
- Mekonnen, M., Hoekstra, A. (2016): Four Billion People Facing Severe Water Scarcity. *Science Advances* 2 (2), e1500323. <http://advances.sciencemag.org/content/2/2/e1500323>
- Union of Concerned Scientists (UCS) (2011): *Nuclear Power and Water. Quick facts on nuclear power generation and water use*. https://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/nuclear_power/fact-sheet-water-use.pdf
- United Nations World Water Assessment Programme/UN-Water (WWAP) (2018): *The United Nations World Water Development Report 2018. Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO. <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018/>
- watercalculator (2018): *The Hidden Water in Everyday Products – Water Footprint Calculator*. <http://watercalculator.org>
- 090 Adler, C. et al. (2019): Climate change in the mountain cryosphere. Impacts and responses. *Regional Environmental Change*. (2019) 19:1225–1228. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01507-6>
- Armstrong, R. L. et al. (2019): Runoff from glacier ice and seasonal snow in High Asia. Separating melt water sources in river flow. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10113-018-1429-0#Sec14>
- Ayala, A. et al. (2019): Glacier runoff variations since 1955 in the Maipo River Basin, semi-arid Andes of central Chile. *The Cryosphere*. <https://doi.org/10.5194/tc-2019-233>
- Cashman, K. (2020): *Water Crisis – Parched and Privatised*. Development and Cooperation (D+C). <https://www.dandc.eu/en/article/chile-faces-serious-water-shortages-due-climate-crisis>
- The International Commission for the Hydrology of the Rhine basin (CHR) (2018): *Disappearing glaciers – New study on melt-water in the Rhine*. <https://www.chr-khr.org/en/news/disappearing-glaciers-new-study-meltwater-rhine>
- Pritchard, H. D. (2019): Asia's shrinking glaciers protect large populations from drought stress. *Nature* volume 569, S. 649–654 (2019). <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1240-1>
- Raoul, K. (2014): Can glacial retreat lead to migration? A critical discussion of the impact of glacier shrinkage upon population mobility in the Bolivian Andes. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11111-014-0226-z>
- US Bureau of Reclamation (USBR) (2013): *Colorado River Basin Water Supply and Demand Study*. https://www.usbr.gov/lc/region/programs/crbstudy/FactSheet_June2013.pdf
- 091 Mayer, C. et al. (2021): *Zukunft ohne Eis. Zweiter Bayerischer Gletscherbericht: Klimawandel in den Alpen*. https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_klima_014.htm
- 092 | 093 BMU/UBA (2018): *Wasserwirtschaft in Deutschland. Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wasserwirtschaft-in-deutschland-grundlagen>
- Cazcarro, I. et al. (2022): Nations' water footprints and virtual water trade of wood products. *Advances in Water Resources*, 164. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917082200063X>

Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2011): National water footprint accounts. The green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE.

Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2012): A global assessment of the water footprint of farm animal products, *Ecosystems*, 15(3), S. 401–415.

Schyns, J. F., Booiij, M. J. & Hoekstra, A. Y. (2017): The water footprint of wood for lumber, pulp, paper, fuel and firewood, *Advances in Water Resources* 107, S. 490–501. <https://waterfootprint.org/en/resources/waterstat/product-water-footprint-statistics/>

- 094 Centre for Science and Environment (CSE) (2013): 7th State of India's Environment Report: Excreta Matters. <http://cseindia.org/content/excreta-matters-o>

United States Environmental Protection Agency (EPA) (2012): Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States. Facts and Figures for 2012. <https://archive.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/web/html/>

Maribus (2010): World Ocean Review 1 – Mit den Meeren leben. <http://worldoceanreview.com>

Umweltbundesamt (UBA) (2015): Quellen für Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_63_2015_quellen_fuer_mikroplastik_mit_relevanz_fuer_den_meeresschutz_1.pdf

United Nations Environment Programme (UNEP) (2021): Drowning in Plastics – Marine Litter and Plastic Waste. <https://www.unep.org/resources/report/drowning-plastics-marine-litter-and-plastic-waste-vital-graphics>

- 095 UBA (2022): Grundwasser, der unsichtbare Schatz. Gewässertyp des Jahres 2022. <https://stories.umweltbundesamt.de/grundwasser-der-unsichtbare-schatz>

- 096 | 097 Circle of Blue (2010): Experts Name the Top 19 Solutions to the Global Freshwater Crisis. <https://www.circleofblue.org/2010/world/experts-name-the-top-19-solutions-to-the-global-freshwater-crisis/>

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2019): Global Warming of 1,5 °C. Summary for Policymakers. https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf

United Nations (UN) (2021): UN expert: Water crisis is worsening, urgent response needed. News and Press Release. <https://reliefweb.int/report/world/un-expert-water-crisis-worsening-urgent-response-needed>

- 100 | 101 Hipp, S. (Hrsg.) (2020): Kleiner Kompass für mehr Bodenleben.

UBA (2020): Biologische Vielfalt im Boden schützen. <https://www.umweltbundesamt.de/biologische-vielfalt-im-boden-schuetzen>

UNEP (2015): Soils & Biodiversity. <https://i.pinimg.com/736x/29/bc/20/29bc204b52eff70ab2ea66225673af60.jpg>

- 102 | 103 Beiler, K. J. et al. (2010): Architecture of the wood-wide web. *Rhizopogon spp. genets link multiple Douglas-fir cohorts. The New phytologist* 185 2 (2010): S. 543–553. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.03069.x

Gozelak, M. A. et al. (2015): Inter-plant communication through mycorrhizal networks mediates complex adaptive behaviour in plant communities. Oxford University Press / Annals of Botany Company.

Steidinger, B. S. et al. (2019): Climatic controls of decomposition drive the global biogeography of forest-tree symbioses. *Nature*, 569(7756): S. 404. DOI: 10.1038/s41586-019-1128-0.

- 104 | 105 Chemnitz, C., Weigelt, J. (2015): Bodenatlas 2015 – Daten und Fakten über Acker, Land und Erde. Heinrich-Böll-Stiftung, Institute for Advanced Sustainability Studies, Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland und Le Monde diplomatique. <https://www.boell.de/de/bodenatlas>

Bazyli, C., Kryszak, Ł. (2018): Impact of different models of agriculture on greenhouse gases (GHG) emissions: A sectoral approach. <https://doi.org/10.1177/0030727018759092>

Flessa, H. et al. (2018): Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und Thünen-Institut für Agrarklimaschutz. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Bodenzustandserhebung.pdf?__blob=publicationFile

- Mukherjee, A., Kapoor, A. (2018): Organic farming: Learning from Sikkim's experiences. Indian Council for Research on International Economic Relations (ICRIER). <https://qrius.com/going-organic-learning-from-sikkims-experiences/>
- Patzel, N., Wilhelm, B. (2018): Das Boden-Bulletin. Landbau in Zeiten der Erderhitzung, WWF Deutschland.
- Wiegandt, K. (Hrsg.) (2022): 3 Grad mehr – Ein Blick in die drohende Heizeit und wie uns die Natur helfen kann, sie zu verhindern, oekom verlag.
- 106 | 107 Bai, Y. & Cotrufo, M. F. (2022): Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges and solutions. Science Magazin, 377. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abo2380>
- Buisson, E. et al. (2022): Ancient grasslands guide ambitious goals in grassland restoration. Science Magazin, 377. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abo4605>
- Hipp, S. (Hrsg.) (2020): Kleiner Kompass fr mehr Bodenleben.
- Isenberg, A. C. (2000): The Destruction of the Bison: An Environmental History , 1750–1920. Cambridge University Press.
- 108 | 109 Alfred-Wegener-Institut (AWI) (2015): Fact sheet. Das aktuelle Wissen zum Thema: Permafrost. <https://www.AWI.de/im-fokus/permafrost.html>
- Dobiski, W. (2020): Permafrost active layer. Earth–Science Reviews Volume 208, September 2020, 10330. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825220303470>
- Ehlers, J. (2011): Eis im Boden – die Formung der Periglazialgebieten: Das Eiszeitalter. Spektrum Akademischer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2327-6_8
- GRID–Arendal (2020): Coastal and Offshore Permafrost in a Changing Arctic. In: Rapid Response Assessment of Coastal and Offshore Permafrost, Story Map. <https://storymaps.arcgis.com/stories/c163de04de7849cdb917fee88015dd73>
- Overduin, P. P. et al. (2019): Submarine Permafrost Map in the Arctic Modeled Using 1–D Transient Heat Flux (SuPerMAP) in: AGU, JGR Oceans 124, Issue 6.S. 3490–3507. <https://doi.org/10.1029/2018JC014675>
- Obu, J. et al. (2019): Northern Hemisphere permafrost map based on TTOP modelling for 2000–2016 at 1 km² scale, in: Earth–Science Reviews 193. S. 299–316. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.04.023>
- 110 | 111 Antonelli, A. et al. (2020): State of the World's Plants and Fungi 2020. Royal Botanic Gardens, Kew. DOI: <https://doi.org/10.34885/172>
- Biology Dictionary (BD) (2017): Plants. <https://biologydictionary.net/plant/>
- Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein–Westfalen (2022): Waldweg Grenzenlos. Eichenbaum. https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Wald-erleben/Waldweg-Grenzenlos/Manuskript_34_Eichenbaum.pdf
- Spektrum (2001): Kompaktlexikon der Biologie. Chloroplasten. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/chloroplasten/2352>
- 112 | 113 California Invasive Plant Council (CAL–IPC) (2019): IPCW Plant Report – Eucalyptus globulus. <https://www.cal-ipc.org/resources/library/publications/ipcw/report48/>
- Pawlik, L. et al. (2016): Roots, Rock, and Regolith. Biomechanical and Biochemical Weathering by Trees and its Impact on Hillslopes. https://www.researchgate.net/profile/ukasz_Pawlik/
- Rahul, J. et al. (2015): Adansonia digitata L. (Baobab). A review of traditional information and taxonomic description. Asian Pac J Trop Biomed 2015; 5(1): 79–84. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S222116911530174X>
- 114 | 115 Beldin, S. I. & Perakis, S. S. (2009): Unearthing the secrets of the forest: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2009–3078. <https://pubs.usgs.gov/fs/2009/3078/>
- Campbell, N. A. et al. (2003): Biologie. Spektrum Akademischer Verlag.

Klein, D. & Schulz, C. (2011): Kohlenstoffspeicherung von Bäumen. LWF-Merkblatt Nr. 27. http://www.lwf.bayern.de/service/publikationen/lwf_merkblatt/022680/index.php

Klein, D. & Schulz, C. (2011): Der kräftige Atem der Waldböden. LWF aktuell 82, S. 23–25. <http://www.lwf.bayern.de/boden-klima/umweltmonitoring/014491/index.php>

Leitgeb, E. (2015): Waldböden und deren nachhaltige Nutzung. BFW-Praxisinformation 39, S. 3–7. https://www.waldwissen.net/wald/boden/bfw_waldboden_nachhaltig/index_DE#2

Schutzgemeinschaft Deutscher Wald (SDW) (2019): Aufbau des Baumstammes. <http://www.sdw-nrw.de/waldwissen/oekosystem-wald/stammaufbau/>

116 | 117 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2020): Global Forest Resources Assessment 2020. Main report. Rom. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>

Gauthier, S. et al. (2015): Boreal forest health and global change. *Science*, 349, S. 819–822. DOI: 10.1126/science.aaa9092. <https://science.sciencemag.org/content/349/6250/819>

Jenkins, M. & Schaap, B. (2018): Forest Ecosystem Services – Background Analytical Study 1. https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2018/05/UNFF13_BkgdStudy_ForestsEcoServices.pdf

Martone, M. et al. (2017): The global forest/non-forest map from TanDEM-X interferometric SAR data. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.002>

Petersen, R. et al. (2016): Mapping Tree Plantations with Multispectral Imagery. Preliminary Results for Seven Tropical Countries, World Resources Institute. <https://www.wri.org/research/mapping-tree-plantations-multispectral-imagery-preliminary-results-seven-tropical>

Tyrrell, M. L. (2012): Carbon dynamics in the temperate forest, in: *Managing Forest Carbon in a Changing Climate*, Springer Science & Business Media, S. 77–107. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-2232-3_5

118 | 119 Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF) (2022): Biodiversity Hotspots Defined. <https://www.cepf.net/our-work/biodiversity-hotspots/hotspots-defined>

Conservation International (CI) (2022): Biodiversity Hotspots – Targeted investment in nature's most important places. <https://www.conservation.org/priorities/biodiversity-hotspots>

Koenig, K. (2016): Biodiversity Hotspots Map (2016.1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4311850>

120 | 121 Branch, G. (2018): *Living Shores – Interacting with Southern Africa's marine ecosystems*. Penguin Random House South Africa.

Calloway, M. (2018): Puget Sound Kelp – Trends, Roles and Stressors. Puget Sound Kelp Conservation & Recovery Plan. https://www.nwstraits.org/media/2802/calloway_kelproletrends6-13-19.pdf

Christie, H. et al. (2003): Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria hyperborea*) along the Norwegian coast. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* (2003), 83, 4181/1/13.

Estes, J. A. et al. (1998): Killer whale predation on sea otters linking oceanic and nearshore ecosystems. *Science* 282(5388), S. 473–476. DOI: 10.1126/science.282.5388.473

Filbee-Dexter, K.; Wernberg, T. (2018): Rise of Turfs: A New Battlefield for Globally Declining Kelp Forests. <https://academic.oup.com/bioscience/article/68/2/64/4797262>

Grebe, G. et al. (2019): An ecosystem approach to kelp aquaculture in the Americas and Europe. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100215>

Krause-Jensen, D., Duarte, S. M. (2016): Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *nature geoscience* 9, S. 737–742. <https://www.nature.com/articles/ngeo2790>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2020): Kelp Forests – a Description. Office of National Marine Sanctuaries. <https://sanctuaries.noaa.gov/visit/ecosystems/kelpdesc.html>

- Schiel, D. R.; Foster, M. S. (2016): *The Biology and Ecology of Giant Kelp Forests*, University of California Press.
- Wernberg, T. et al. (2019): *Status and Trends for the World's Kelp Forests*. *World Seas: an Environmental Evaluation, Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts 2019*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00003-6>
- 122 | 123 **Artaxo, P. et al. (2018): Five Reasons The Earth's Climate Depends on Forests.**
<https://www.climateandlandusealliance.org/scientists-statement/>
- Centritto, M. et al. (2011): Above Ground Processes. Anticipating Climate Change Influences.**
https://www.researchgate.net/publication/226698604_Above_Ground_Processes_Anticipating_Climate_Change_Influences
- Sanderson, M. et al. (2012): Relationships between forests and weather.** EC Directorate General of the Environment. Met Office, Hadley Centre, UK. https://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/EU_Forests_annex1.pdf
- 124 | 125 **Betts, R. et al. (2008): Forests and Emissions. A Contribution to the Eliasch Review.** Met Office Hadley Centre, UK.
https://www.researchgate.net/publication/252653654_Forests_and_Emissions_A_Contribution_to_the_Eliasch_Review
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018): The State of the World's Forests – Forest Pathways to Sustainable Development.** <http://www.fao.org/3/ca0188en/ca0188en.pdf>
- Harris, N. et al. (2020): Forests Absorb Twice As Much Carbon As They Emit Each Year.**
<https://www.wri.org/insights/forests-absorb-twice-much-carbon-they-emit-each-year>
- IPCC (2014): Synthesis Report, Fifth Assessment Report.** <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Max-Planck-Gesellschaft (MPG) (2010): Der Kohlenstoffkreislauf im Erdsystem.**
https://www.mpg.de/21324/Kohlenstoffkreislauf_im_Erdsystem
- Gough, C. M. et al. (2008): Controls on Annual Forest Carbon Storage: Lessons from the Past and Predictions for the Future, in: Bioscience 58(7), S. 609–622.** <https://academic.oup.com/bioscience/article/58/7/609/237048>
- World Resources Institute (WRI) (2018): Global Forest Watch.** <https://www.globalforestwatch.org>
- 126 | 127 **Great Green Wall (GGW) (2020): Growing a world wonder.** <https://www.greatgreenwall.org>
- UNCCD (2020): The Great Green Wall. Implementation Status and Way Ahead to 2030.**
<https://www.unccd.int/resources/publications/great-green-wall-implementation-status-way-ahead-2030>
- 128 | 129 **BOM (2019): Special Climate Statement 70 update—drought conditions in Australia and impact on water resources in the Murray–Darling Basin.** <http://www.bom.gov.au/climate/current/statements/scs70.pdf>
- Fei, S. et al. (2017): Divergence of species responses to climate change. Science Advances 3(5).**
DOI: 10.1126/sciadv.1603055. <https://advances.sciencemag.org/content/3/5/e1603055/tab-pdf>
- Forsyth, G. G. et al. (2004): A rapid assessment of the invasive status of Eucalyptus species in two South African provinces.**
https://open.uct.ac.za/bitstream/item/17766/Forsyth_A_rapid_assessment_2004.pdf?sequence=1
- Kolb, P. (2019): Tree–Climate Interactions.** United States Department of Agriculture.
<https://climate-woodlands.extension.org/treeclimate-interactions/>
- Malhi, Y., Philips, O. L. (2005): Tropical Forests and Global Atmospheric Change.**
https://www.researchgate.net/publication/8496341_Tropical_Forests_and_Global_Atmospheric_Change
- Mukherjee, S. et al. (2022): Hotspots shed light on »flash drought« causes.** National Science Foundation.
<https://phys.org/news/2022-02-hotspots-drought.html>
- Nature Climate Change (NCC) (2020): In the line of fire.** Editorial. *Nature Climate Change* 10(169).
<https://doi.org/10.1038/s41558-020-0720-5>
- Vose, J. M. et al. (2015): Effects of Drought on Forests and Rangelands in the United States. A Comprehensive Science Synthesis.** Forest Service Gen. Tech. Report. <https://www.fs.usda.gov/sites/default/files/GTR-WO-93a.pdf>

- 130 | 131 Dinerstein, E. (2020): A »Global Safety Net« to reverse biodiversity loss and stabilize Earth's climate. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abb2824>
- 132 | 133 IUCN (2022): IUCN Red List. <https://www.iucn.org>
- Mora, C. et al. (2011): How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biology*, 9(8), e1001127.
- Wiegandt, K. (Hrsg.) (2022): 3 Grad mehr. Ein Blick in die drohende Heizeit und wie uns die Natur helfen kann, sie zu verhindern, oekom verlag.
- 134 | 135 Eulen- und Greifvgelstation Haringsee (2021): Wissenswertes ber Eulen und Greifvögel. <https://www.eulen-greifvogelstation.at/wissen-ueber-wildtiere/wissenswertes-ueber-eulen-und-greifvogel>
- Euronatur: Steckbrief Braunbär. <https://www.euronatur.org/unsere-themen/artenschutz/braunbaer/steckbrief-baer/>
- Froschnetz: Frösche, Kröten, Molche. <https://www.froschnetz.ch>
- Jedrzejewski, W.; Jedrzejewski, B. (1992): Foraging and diet of the red fox *Vulpes vulpes* in relation to variable food resources in Biatowieza National Park, Poland, in: *Ecography* 15(2), S. 212-220.
- Luchsprojekt Bayern: Nahrung. http://www.luchsprojekt.de/o6_lebensweise/nahrung.html
- Schlangen in Deutschland: 6 Heimische Schlangen leben bei uns. <https://www.schlangen-in-deutschland.de>
- NABU: Der Buntspecht. Vogel des Jahres 1997. <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/aktionen-und-projekte/vogel-desjahres/1997-buntspecht>
- Neuschulz, E. L. et al. (2016): Pollination and seed dispersal are the most threatened processes of plant regeneration. *Nature. Scientific Reports*. <http://www.nature.com/articles/srep29839>
- Niethammer, J. & Krapp, F. (1986): Handbuch der Sugetiere Europas. Band 2/II Paarhufer – Artiodactyla. Aula Verlag.
- Wildtiermanagement Niedersachsen: Baumrarder (*Martes martes*). <https://www.wildtiermanagement.com/wildtiere/haarwild/baumrarder>
- Wolfsinformationszentrum Schleswig-Holstein: Biologie des Wolfes. <https://www.wolfsinfozentrum.de/biologie-des-wolfes-1.html>
- 136 | 137 Alroy, J. (2017): Effects of habitat disturbance on tropical forest biodiversity. 6056–6061 *PNAS*, 114(23). <https://www.pnas.org/content/pnas/114/23/6056.full.pdf>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2020): The IUCN Red list of threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>
- 138 | 139 Bassett, Y., Lamarre, G. P. A. (2019): Toward a world that values insects. *Science Magazin*, 364(6447), S. 1230-1231. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaw7071>
- Eggleton, P. et al. (2020): The State of the World's Insects. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-012420-050035>
- Kleijn, D. et al. (2016): Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications*. <https://www.nature.com/articles/ncomms8414.pdf>
- Seibold, S. S. et al. (2019): Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, 574(7780), S. 671–674. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31666721/>
- United States Department of Agriculture (USDA) (2022): The Importance of Pollinators. <https://www.usda.gov/peoples-garden/pollinators>
- Weber, Y. et al. (2019): Wie Pestizide das berleben der Bienen gefhrden. Infografik: Pestizide und Wildbienen. <https://www.bund.net/umweltgifte/pestizide/bienen-und-pestizide/>

- 140 | 141 Center for Biological Diversity (CBD) (2021): Emperor Penguin. Natural History. https://www.biologicaldiversity.org/species/birds/penguins/emperor_penguin.html
- Davidson, S. C. et al. (2020): Ecological insights from three decades of animal movement tracking across a changing Arctic. *Science*, 370(6517), S. 712–715. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abb7080>
- Drost, H. E. et al. (2016): Acclimation potential of Arctic cod (*Boreogadus saida*) from the rapidly warming Arctic Ocean. <https://jeb.biologists.org/content/jexbio/219/19/3114.full.pdf>
- Jenouvrier, S. et al. (2014): Projected continent-wide declines of the emperor penguin under climate change. *Nature Climate Change*, 4, S. 715–718. <https://www.nature.com/articles/nclimate2280>
- Klein, D. R., Sowls, A. (2015): Red Foxes Replace Arctic Foxes on a Bering Sea Island. Consequences for Nesting Birds. <https://www.nps.gov/articles/aps-v14-i1-c5.htm>
- Lefort, K. J. et al. (2020): Killer whale abundance and predicted narwhal consumption in the Canadian Arctic. <https://doi.org/10.1111/gcb.15152>
- Thyrrin, J., Sejr, M. K. (2018): Climate Change draws invasive species to the Arctic. *Science Nordic*. <https://sciencenordic.com/animals--plants-climatechange-denmark/climate-change-draws-invasive-species-to-the-arctic/1454214>
- 142 | 143 Barbet-Massin, M. et al. (2019): The economic cost of control of the invasive yellow-legged Asian hornet. *NeoBiota* 55, S. 11–25. <http://neobiota.pensoft.net>
- Bellard, C. et al. (2013): Will climate change promote future invasions? *Global Change Biology*. <https://doi.org/10.1111/gcb.12344>
- Ling et al. (2009): Overfishing reduces resilience of kelp beds to climate-driven catastrophic phase shift. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(52), S. 22341–22345. https://www.researchgate.net/publication/40696070_Overfishing_reduces_resilience_of_kelp_beds_to_climate-driven_catastrophic_phase_shift
- Lockwood, J. L. et al. (2019): When pets become pests. The role of the exotic pet trade in producing invasive vertebrate animals. *Frontiers in Ecology and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/fee.2059>
- Vickery, P. D. et al. (2020): *Birds of Maine*. Princeton University Press.
- 144 | 145 Grosberg, R. K. et al. (2012): Biodiversity in water and on land. *Current Biology*, 22(21). <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.09.050>
- Maribus (2010): *World Ocean Review*. Mit den Meeren leben. <http://worldoceanreview.com>
- Mittermeier, R. A. et al. (2011): *Global biodiversity conservation. The critical role of hotspots*. Springer.
- Poulsen, J. Y. et al. (2016): Preservation Obscures Pelagic Deep-Sea Fish Diversity. Doubling the Number of Sole-Bearing Opisthoproctids and Resurrection of the Genus *Monacoa* (Opisthoproctidae, Argentiniiformes). *PLoS ONE* 11(8): e0159762.
- 146 | 147 Abdulla, A. et al. (2013): Marine Natural Heritage and the World Heritage List. Interpretation of World Heritage criteria in marine systems, analysis of biogeographic representation of sites, and a roadmap for addressing gaps. IUCN.
- IUCN (2017): *The IUCN Red List of Threatened Species*. <http://www.iucnredlist.org>
- 148 | 149 EU Fishing Fleet Register (2016): Fishing fleet capacities. https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/fisheries/rules/fishing-fleet-capacities_en
- Greenpeace (2014): *Fish Fairly*. <http://www.greenpeace.de/fairfischen>
- Reedereien (2017): *Havfisk*, Norway. <http://www.havfisk.no/en>
- Parlevliet en Van der Plas B.V.: *Fish for Life*. <http://parlevliet-vanderplas.nl/>
- 150 | 151 Global Fishing Watch (GFW) (2021): Apparent Fishing Effort. <https://globalfishingwatch.org/map>
- Watson, R. et al. (2012): Spatial expansion of EU and non-EU fishing fleets into the global ocean 1950 to present. *The Sea around us-Project*, Fish Centre Univ. British Columbia, Kanada, und World Wildlife Fund (WWF)

http://wwwf.panda.org/wwwf_news/?203247/Wild-west-fishing-in-distant-waters

- 152 | 153 Department of Fisheries and Oceans Canada (DFO) (2013): Aquaculture in Canada: Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/mpo-dfo/Fs45-4-2013-eng.pdf
- Maribus (2013): World Ocean Review 2. Die Zukunft der Fische, die Fischerei der Zukunft.
- 154 | 155 Duarte, C. M. et al. (2021): The Soundscape of the Anthropocene ocean. *Science*, 371, eaba4658. <https://science.sciencemag.org/content/371/6529/eaba4658.full>
- Nowacek, S. M. et al. (2001): Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science*, 17(4), S. 673–688.
- Schorr, G. S. et al. (2014): First Long-Term Behavioral Records from Cuvier's Beaked Whales (*Ziphiuscavirostris*) Reveal Record-Breaking Dives. *PLoS One*. 9(3): e92633. DOI: 10.1371/journal.pone.0092633
- Veirs, S. et al. (2016): Ship noise extends to frequencies used for echolocation by endangered killer whales. *PeerJ* 4:e1657. <https://doi.org/10.7717/peerj.1657>
- 156 | 157 Australian Government Department of the Environment (AGDE) (2016): Commonwealth Marine Reserves Review. Goals and Principles. <http://www.environment.gov.au/marinereservesreview/goals-principles>
- UN Environment Programm–World Conservation Monitoring Center (UNEP–WCMC), International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2021): Protected Planet Report 2020. <https://livereport.protectedplanet.net/>
- Sciberras, M. et al. (2015): Evaluating the relative conservation value of fully and partially protected marine areas. *Fish and Fisheries*, 16, S. 58–77. DOI: 10.1111/faf.12044
- 160 | 161 Vienna University of Economics and Business (WU Wien) (2022): Material flows by material group, 1970–2019. UN-IRP Global Material Flows Database. <https://www.materialflows.net/visualisation-centre>
- WU Wien (2022): Fineprint Geovisualisations. <https://www.fineprint.global/resources/mining-areas/>
- 162 | 163 GEOMAR (2016): Massivsulfide. Rohstoffe aus der Tiefsee. http://www.geomar.de/fileadmin/content/service/presse/public-pubs/massivsulfide_2016_de_web.pdf
- International Energy Agency (IEA) (2018): Offshore Energy Outlook 2018. World Energy Outlook Special Report. <https://www.iea.org/reports/offshore-energy-outlook-2018>
- Janssen, F. et al. (2020): Manganknollen-Abbau gefährdet die Ökosysteme der Tiefsee. Potsdam Earth System Knowledge Platform (ESKP). <https://doi.org/10.2312/eskp.023>
- Maribus (2014): World Ocean Review 3. Rohstoffe aus dem Meer. Chancen und Risiken. <http://worldoceanreview.com>
- Rona, P. A. (2003): Resources of the sea floor. *Science*. <http://science.sciencemag.org/content/299/5607/673>
- Umweltbundesamt (UBA) (2013): Tiefseebergbau und andere Nutzungsarten der Tiefsee. <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/meere/nutzung-belastungen/tiefseebergbau-andere-nutzungsarten-der-tiefsee>
- United Nations Environmental Programme (UNEP) (2013): Wealth in the Oceans: Deep sea mining on the horizon? UNEP Global Environmental Alter Service. <http://www.unep.org/geas>
- 164 | 165 Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (CEDRE) (2016): Database of spill incidents and threats in waters around the world. <http://wwz.cedre.fr/en/Our-resources/Spills>
- Maribus (2010): World Ocean Review 1. Mit den Meeren leben. <http://worldoceanreview.com>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NA) (2022): Oil in the Sea IV. Inputs, Fates, and Effects. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26410>

- Safety4sea (2020): 1978–2020: List of major oil spills. <https://safety4sea.com/1978-2020-list-of-major-oil-spills/>
- Woods Hole Oceanic Institution (WHOI) (2011): Oil in the Ocean. A Complex Mix. <https://www.whoi.edu/oilinocean/page.do?pid=51878>
- 166 | 167 Weltenergieerat (2022): Energie in Deutschland: Zahlen und Fakten 2021. <https://www.weltenergieerat.de/publikationen/energie-fuer-deutschland/energie-fuer-deutschland-2021/energie-in-deutschland-zahlen-und-fakten-2/>
- AG Energiebilanzen e. V. (AGEB) (2022): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland. Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken. https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf
- UBA (2022): Primärenergiegewinnung und -importe. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie>
- 168 | 169 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2022): Fragen und Antworten zur AKW-Laufzeitverlängerung. <https://www.bmuv.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/nukleare-sicherheit/faq-akw-laufzeitverlaengerung>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2020): Worker Health Study Summaries. Uranium Miners. <https://www.cdc.gov/niosh/pgms/worknotify/uranium.html>
- EIA (2022): Nuclear explained. U.S. nuclear industry. <https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/us-nuclear-industry.php>
- EIA (2022): Annual Energy Outlook 2022. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/narrative/electricity/sub-topic-02.php>
- World Nuclear Association (WNA) (2022): World Uranium Mining Production. <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>
- WNA (2022): Nuclear Power in France. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>
- 170 | 171 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018): The State of the World's Forests. Forest Pathways to Sustainable Development. <http://www.fao.org/3/ca0188en/ca0188en.pdf>
- FAO (2020): Forestry Production and Trade. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
- Goncalves, A. C. et al. (2018): Solid Biomass from Forest Trees to Energy. A Review. Intech Open. <https://www.intechopen.com/books/renewable-resources-and-biorefineries/solid-biomass-from-forest-trees-to-energy-a-review>
- Sterman, J. D. et al. (2018): Does replacing coal with wood lower CO₂ emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy Environmental Research Letter. 13. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaa512/pdf>
- U.S. International Trade Commission (USITC) (2018): International Trade in Wood Pellets: Current Trends and Future Prospects. https://www.usitc.gov/publications/332/executive_briefings/wood_pellets_ebot_final.pdf
- Voegele, E. (2022): US pellet exports reach 7.52 million metric tons in 2021. United States Department of Agriculture. <https://biomassmagazine.com/articles/18705/usda-us-pellet-exports-reach-7-52-million-metric-tons-in-2021>
- World Bioenergy Association (WBA) (2017): Global Bioenergy Statistics 2017. https://worldbioenergy.org/uploads/WBA%20GBS%202017_hq.pdf
- 172 | 173 Schmidt-Curelli, J. & Knebel, A. (2017): Energiewendeatlas Deutschland 2030. Agentur für Erneuerbare Energien e. V. <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/publikationen/energiewendeatlas-deutschland-2030>
- Quaschnig, V. et al. (2022): 20 Gigawatt Photovoltaik pro Jahr sind nicht genug. In: Systemwissen für die vernetzte Energie- und Mobilitätswende. Hrsg. Vereinigung für Betriebliche Bildungsforschung e. V. [https://ibbf.berlin/assets/images/Dokumente/220627_IBBF_Kompodium_2022_WEB_final%20\(1\).pdf](https://ibbf.berlin/assets/images/Dokumente/220627_IBBF_Kompodium_2022_WEB_final%20(1).pdf)
- 174 Becher, G. (2016): Clusterstatistik Forst und Holz. Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2014. Thünen Working Paper 67. Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2018): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Bundeswaldinventur3.pdf?__blob=publicationFile

- 175 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2019): Global Forest Products Facts and Figures 2018. <http://www.fao.org/3/ca7415en/ca7415en.pdf>
- FAO (2020): Forestry Production and Trade. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
- Hetemäki, L. & Hurmekoski, E. (2016): Forest Products Markets under Change: Review and Research Implications. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40725-016-0042-z>
- Internationale Energie Agentur (IEA) (2022): Pulp and paper. Not on track. Tracking Report. September 2022. <https://www.iea.org/reports/pulp-and-paper>
- UNECE/FAO (2019): Forest Products. Annual Market Review 2018–2019. United Nations Publication. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/SP48.pdf>
- 176 | 177 Dewi, I. K. et al. (2019): Implementation of environmental management policies on the impact of illegal sand mining . IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 343 012129. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/343/1/012129/pdf>
- Langrand, M., Peduzzi, P. (2022): UN environment: world needs to ditch sand addiction. Geneva Solutions. Climate & Environment Interview. <https://genesolutions.news/climate-environment/un-environment-world-needs-to-ditch-sand-addiction>
- Masalu, D. C. P. (2019): Coastal Erosion and Its Social and Environmental Aspects in Tanzania: A Case Study in Illegal Sand Mining Coastal Management 30, S. 347–359. <https://www.semanticscholar.org/paper/Coastal-Erosion-and-Its-Social-and-Environmental-in-Masalu/ac8c1d27aa51ae40887c1a9430841dd43ab5cdd5>
- UNEP (2022): Sand and Sustainability: 10 Strategic Recommendations to Avert a Crisis. <https://www.unep.org/resources/report/sand-and-sustainability-10-strategic-recommendations-avert-crisis>
- 178 | 179 Schlining, K. et al. (2013): Debris in the deep: Using a 22-year video annotation database to survey marine litter in Monterey Canyon, Central California, USA. Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI).
- Petroleum Economist (2019): Plastic recycling threatens oil demand growth. <https://www.petroleum-economist.com/articles/midstream-downstream/refining-marketing/2019/plastic-recycling-threatens-oil-demand-growth>
- Plastics Europe (2016): EU Plastics Production and Demand First Estimates for 2020. <https://www.plasticseurope.org/en/newsroom/news/eu-plastics-production-and-demand-first-estimates-2020>
- Subba Reddy, M. et al. (2014): Effect of Plastic Pollution on Environment. Department of Chemistry, S.B.V.R. Aided Degree College, badvel, Kadapa-516227, India. Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2015): The Plastics Disclosure Project. <http://www.plasticdisclosure.org/about/why-pdp.html>
- World Economic Forum (WEF) (2016): The New Plastics Economy. Rethinking the future of plastics. <https://www.weforum.org/reports/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>
- 180 | 181 Europäische Kommission (EC) (2022): Circular economy action plan. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_de#actions
- WU (2022): The importance of Circular Economy actions for GHG emission reductions. <http://www.materialflows.net/stories>
- 182 | 183 Airports Council International (ACI) (2018): Statistics. World Airport Traffic 2018. <https://aci.aero/news/2018/09/20/aci-world-publishes-annual-world-airport-traffic-report/>
- American Association of Port Authorities (AAPA) (2016): World Port Rankings 2016. <http://aapa.files.cms-plus.com/Statistics/WORLD%20PORT%20RANKINGS%202016.xlsx>
- U. S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics (BTS) (2018): Transportation Statistics Annual Report 2018. <https://www.bts.gov/tsar>
- 184 | 185 Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Statistisches Amt (KEG) (1970): Der Seeverkehr der Länder der Gemeinschaft. 1955, 1960 und 1967. Eine statistische Studie, Brüssel-Luxemburg, Mai 1970.

- NABU (2014): Luftschadstoffemissionen von Containerschiffen. Hintergrundpapier. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/verkehr/14.0623-nabu-hintergrundpapier_containerschifftransporte.pdf
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2020): Review of Maritime Transport 2020. United Nations. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2020_en.pdf
- 186 | 187 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2022): Verkehr in Zahlen 2021/2022. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2021-2022-pdf.pdf?__blob=publicationFile
- UBA (2021): Emissionsdaten. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#hbefa>
- 188 | 189 Bebbington, A. J. et al. (2018): Resource extraction and infrastructure threaten forest cover and community rights. <https://www.pnas.org/content/115/52/13164>
- Yale School of Forestry and Environmental Studies (2020): Global Forest Atlas. Roads and Forests. <https://globalforestatlas.yale.edu>
- 190 | 191 Livesley, S. J. et al. (2016): The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *J. Environ. Qual.* 45:119–124 (2016). doi:10.2134/jeq2015.11.0567
- Marx, A. (Hrsg.): *Klimaanpassung in Forschung und Politik*. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, UFZ Leipzig. Springer Spektrum.
- Moser, A. et al. (2017): Stadtbäume. Wachstum, Funktionen, und Leistungen. Risiken und Forschungsperspektiven. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, Jg. 5/6, S. 188ff. http://waldwachstum.wzw.tum.de/fileadmin/publications/Moser_2018.pdf
- Rahman, M. A. et al. (2018): Vertical air temperature gradients under the shade of two contrasting urban tree species during different types of summer days. *Science of The Total Environment* 633. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.168
- Roloff, A. (2013): *Bäume in der Stadt. Besonderheiten – Funktion – Nutzen – Arten – Risiken*. Ulmer.
- 192 | 193 FAO (2021): Small family farmers produce a third of the world's food. New FAO research focuses on contributions of farmers with fewer than two hectares. <https://www.fao.org/news/story/en/item/1395127/icode/>
- Fernandez, L. (2022): Global pesticide agricultural use 2020, by leading country. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1263069/global-pesticide-use-by-country/>
- Lowder, S. et al. (2021): Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X2100067X?via%3Dihub>
- OECD-FAO (2022): *AGRICULTURAL OUTLOOK 2022–2031*. <https://www.oecd.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-19991142.htm>
- Sharma, A. et al. (2019): Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. Review Paper. Springer Nature. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-94-007-5424-5_19-1485-1.pdf
- 194 | 195 Gerber, P. J. et al. (2013): Tackling climate change through livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities. FAO.
- Guégan, S., Léger, F. (2015): *Case Study. Permacultural Organic Market Gardening and Economic Performance*.
- IPCC (2019): *Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/Fullreport-1.pdf>
- Thornton, P. et al. (2018): *Agriculture in a changing climate. Keeping our cool in the face of the hothouse*. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0030727018815332>
- De Ramon N'Yeurt, A. et al. (2012): *Negative Carbon Via Ocean Afforestation*. https://www.researchgate.net/publication/259892834_Negative_Carbon_Via_Ocean_Afforestation

Ritchie, H., Roser, M. (2020): Environmental Impacts of Food Production. OurWorldInData.org. <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>

196 | 197 Franklin, J. F. (2018): Ecological Forest Management. Waveland Press, Inc.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2019): Agroforestry. <http://www.fao.org/forestry/agroforestry/en/>
Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) (2020): Arten von Agroforstsystemen.
<https://agroforst-info.de/arten>

198 | 199 Carbon Footprint (2022): Carbon Calculator. Carbon Footprint Calculator For Individuals And Households.
<https://www.calculator.carbonfootprint.com>

200 | 201 KlimAktiv (2020): Klimaschutz mit Handprint. <https://www.climate-handprint.de>

202 | 203 Captain Planet Foundation (2022): JOHN ABAD. <https://captainplanetfoundation.org/about/our-people/john-abad/>

Hindustan Times (2022): Meet Saalumarada Thimmakka, 111-year-old environmentalist given a cabinet rank.
<https://www.hindustantimes.com/cities/bengaluru-news/meet-saalumarada-thimmakka-111-year-old-environmentalist-given-a-cabinet-rank-101657513076203.html>

Lehmann, R. M. (2022): 100.000€ in 3h - Der Wendepunkt des Internets | #HaiBockAngriff. Mission Erde.
<https://www.youtube.com/watch?v=IEjHYRn784o>

Smithsonian (2022): Pablo Garcia Borboroglu. <https://ocean.si.edu/contributors/pablo-garcia-borboroglu>

UNEP (2016): Champions of the Earth. Afroz Shah - Inspiration and Action.
<https://www.unep.org/championsofearth/laureates/2016/afroz-shah>

Über die Autorin



Wenn Esther Gonstalla nicht gerade in der Natur unterwegs ist, beim Surfen, Wandern, auf Rad- oder Kajaktouren, arbeitet sie als freie Infografikerin und Autorin von Umweltbüchern. Zu ihren Kunden gehören u. a. NGOs, wissenschaftliche Institute und Magazine wie National Geographic Deutschland, Deutsche Meeresstiftung, Brot für die Welt, BUND, Mehr Demokratie, Institut für Betriebliche Bildungsforschung, Bundesverband Windenergie, Coalition for Fair Fisheries Arrangements (Belgien), Global Water Partnership (Schweden), Institute for Climate Physics (Südkorea) und University of Manoa, Hawaii (USA).

Seit Abschluss des Grafikdesignstudiums an der Fachhochschule Münster im Jahr 2009 arbeitet Esther als Freelancerin, dabei hat sie die Freiheit, ihren Arbeitsort zu wechseln, 10 Jahre lang ausgiebig genutzt, indem sie jedes Jahr von einem anderen Land aus arbeitete. Seit 2022 lebt Esther mit ihrem Mann an der »Great Ocean Road« im Südosten Australiens.

Das erste Buch dieser Art hat Esther im Jahr 2009 als Diplomarbeit an der Fachhochschule Münster gestaltet und geschrieben: »Das Atombuch – Radioaktive Abfälle und verlorene Atombomben«. Sie wurde dafür mit dem Preis der Stiftung Buchkunst ausgezeichnet für »eines der schönsten deutschen Bücher 2009«. Daraufhin folgte seit 2017 im oekom verlag die Reihe »Unsere Welt in 50 Grafiken«. Den Auftakt machte »Das Ozeanbuch«, danach kam »Das Klimabuch«, und zuletzt erschienen 2021 »Das Waldbuch« sowie »Das Eisbuch«.

Portfolio: www.gonstalla.com **Instagram:** [@infographic_nomad](https://www.instagram.com/infographic_nomad) **Podcast:** Der Klimaspickzettel

Danke!

Dieses Buch ist eine Hommage an die teils jahrzehntelange Arbeit von mehr als tausend Wissenschaftler*innen, die zu den Hunderten von Studien beigetragen haben, deren Erkenntnisse hier dargestellt sind.

Ein immenses Dankeschön für die fachliche Unterstützung geht an: **Dr. Thorben Amann** (Universität Hamburg), **Prof. Dr. Christian Ammer** (Universität Göttingen), **Dr. Inka Bartsch** (Alfred-Wegener-Institut), **Hans von der Goltz** (Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft Deutschland e. V.), **Prof. Dr. Hartmut Graßl** (Max-Planck-Institut für Meteorologie), **Dr. Inge Grünberg** (AWI), **Dr. Sven Günter** (Thünen-Institut), **Prof. Robert Hänsch** (Technische Universität Braunschweig), **Dr. Sabine Henders** (climatekos), **Prof. Pierre Ibisch** (Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde), **Prof. Peter Irvine** (University College London), **Prof. Hans Joosten** (Universität Greifswald), **Prof. Dr. Daniela Kleinschmit** (Universität Freiburg), **Prof. Dr. Michael Köhl** (Universität Hamburg), **Dr. Christoph Mayer** (Bayerische Akademie der Wissenschaften), **Dr. Marcel Nicolaus** (AWI), **Prof. Dr. Barbara Niehoff** (AWI), **Prof. Andreas Oschlies** (GEOMAR), **Dr. Paul Overduin** (AWI), **Prof. Dr. Daniel Pauly** (University of Vancouver), **Dr. Nikola Patzel** (Büro für Bodenkommunikation), **Dr. Sven Petersen** (GEOMAR), **Prof. Volker Quaschnig** (HTW Berlin), **Dr. Ingo Sasgen** (AWI), **Dr. Fabian Schlösser** (Universität Hawaii), **Janine Schmidt-Curelli** (Klimaschutz- und Energieagentur kleVer), **Prof. Kai Schröter** (TU Braunschweig), **Stefan Schwarzer** (Universität Genf), **Frank Schweikert** (Deutsche Meeresstiftung), **Prof. Axel Timmermann** (IBS Center for Climate Physics, Südkorea) und **Dr. Susanne Winter** (TU Dresden).

Folgenden Grafiken sind in Zusammenarbeit mit ...

S. 38–39: Prof. Axel Timmermann, IBS Center for Climate Physics, Busan, Südkorea

S. 154–155: Philippe Pajot, Magazin »La Recherche«, Paris, Frankreich

S. 176–177: Janine Schmidt-Curelli, Klimaschutz- und Energieagentur kleVer, Verden (Aller)

... entstanden und wurden für dieses Buch aktualisiert oder angepasst. Ganz herzlichen Dank!

Ein großer Dank geht an meinen Mann **Craig Martin**, der mich diesmal während des Schreibens zu abenteuerlichen Seekajaktouren an der Ostküste Kanadas inspiriert hat.

Ein ganz herzlicher Dank geht wie immer an meine wunderbare Lektorin **Dr. Laura Kohlrausch** und an das gesamte Team des oekom verlags für die langjährige Zusammenarbeit und das entgegengebrachte Vertrauen!

Weitere Autor*innen im oekom verlag

Esther Gonstalla

Das Eisbuch

Alles, was man wissen muss, in 50 Grafiken

2021, 112 Seiten

Hitzewellen an den Polen und in Sibirien lassen immer größere Eismassen dahinschmelzen. Mit ihnen schwinden Süßwasservorräte und Lebensräume. »Das Eisbuch« stellt die gefährdeten Landschaften in außergewöhnlichen Infografiken vor und erkundet Möglichkeiten ihrer Rettung.

Esther Gonstalla

Das Waldbuch

Alles, was man wissen muss, in 50 Grafiken

2021, 128 Seiten

Wälder beherbergen Abertausende Arten, entziehen der Atmosphäre CO₂, regulieren den Wasserkreislauf, liefern Sauerstoff, Nahrung und Rohstoffe – und sie sind in Gefahr. Esther Gonstalla zeichnet mit ihren Infografiken ein eindrucksvolles Bild von den Wäldern der Erde.

Esther Gonstalla

Das Ozeanbuch

Alles, was man wissen muss, in 50 Grafiken

2021, 128 Seiten

Plastikmüll, Korallensterben, Überfischung: der Sehnsuchtsort Ozean ist zunehmend gefährdet, denn Verschmutzung und Ausbeutung setzen ihm massiv zu. »Das Ozeanbuch« verdeutlicht Zusammenhänge – in 50 attraktiven Infografiken.

Esther Gonstalla

Das Klimabuch

Alles, was man wissen muss, in 50 Grafiken

2019, 128 Seiten

Steigender Meeresspiegel, zunehmende Dürren, immer häufigere Extremwetterereignisse und dazu »Fake News«-Vorwürfe: Das Klima ist komplex und Ziel von Desinformation. »Das Klimabuch« schafft Abhilfe und erklärt in 50 Grafiken, was Sie wirklich wissen müssen.



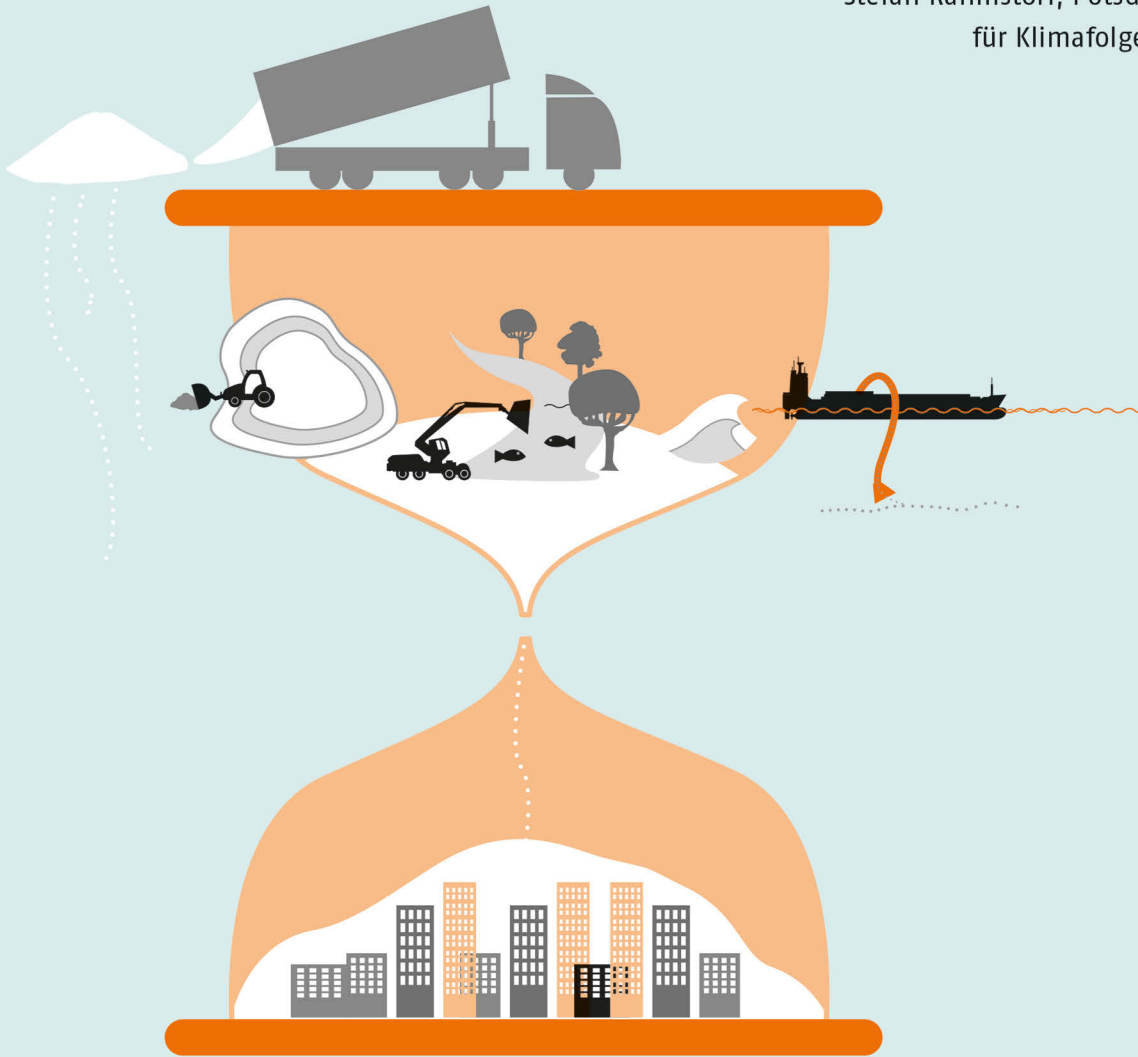
»Unsere Erde verändert sich
mit einer nie dagewesenen
Geschwindigkeit.
Die Zeit des Handelns hat
längst begonnen.
Millionen Menschen setzen sich
für den Naturschutz,
nachhaltige Lebensstile und
ein lebenswertes Klima ein.
Lasst uns alle mitmachen!«

Esther Gonstalla



»Die wunderschönen Grafiken von Esther Gonstalla bringen die Dinge auf den Punkt!«

Stefan Rahmstorf, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung



Wie funktioniert eigentlich unser Klima? Warum gibt es immer weniger Trinkwasser? Wie entsteht ein »Müllstrudel«? Wie viel Fläche brauchen wir für unsere Ernährung? Und können wir mit innovativer Technik die Welt retten?

Antworten auf diese und viele weitere Fragen gibt die preisgekrönte Infografikerin Esther Gonstalla in diesem Atlas – mit geballtem Wissen in leicht verständlichen, attraktiven Grafiken. Überraschende Einblicke in unseren faszinierenden Planeten.



*Ein Buch für alle,
die wissen wollen, wie es
um unsere Erde bestellt ist –
und welche Ideen und
Strategien es gibt, um sie
zu retten.*