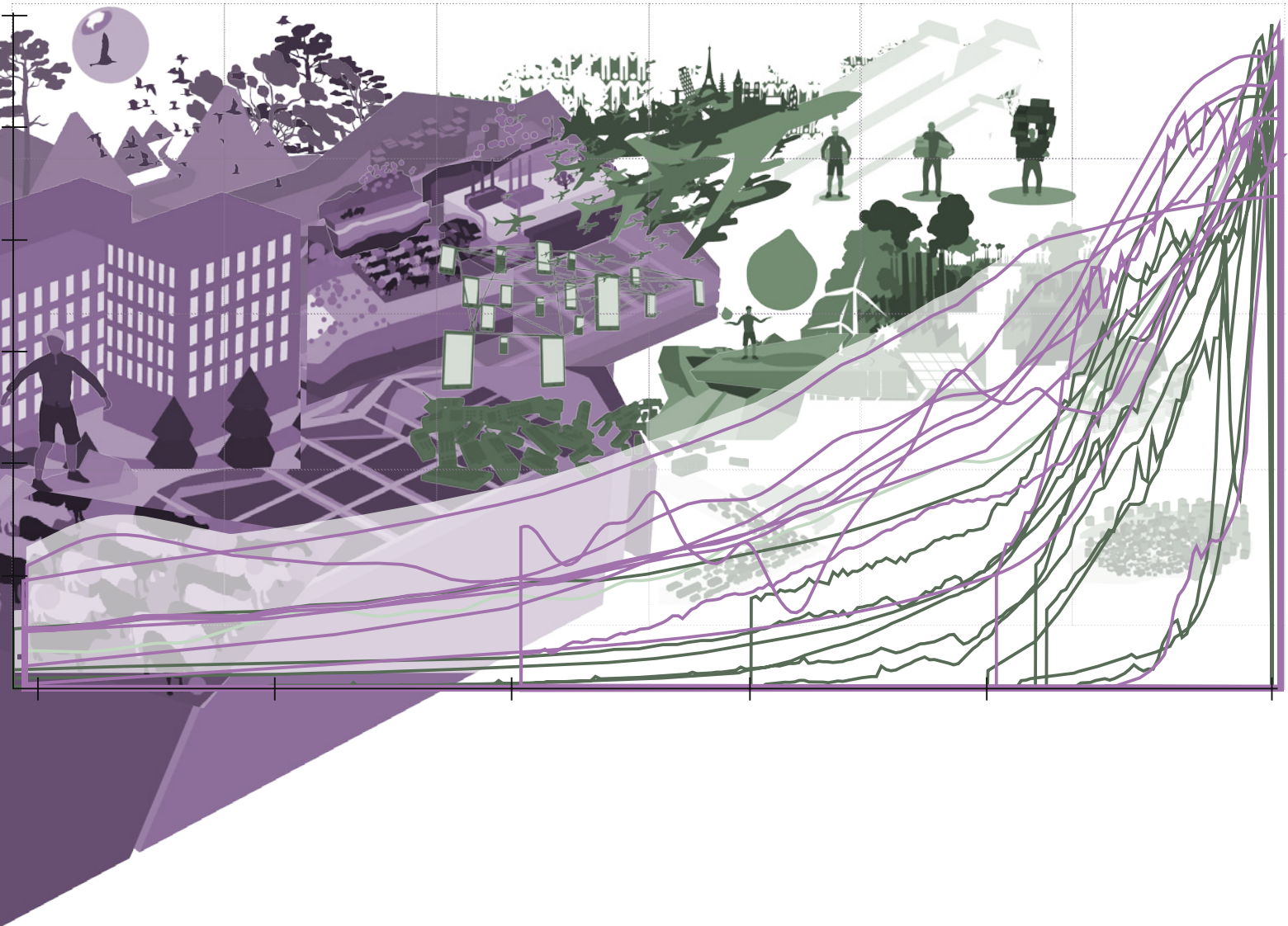


DIE GROSSE BESCHLEUNIGUNG



DIE GROSSE BESCHLEUNIGUNG -ABSTRACT-

'Die Große Beschleunigung' - 'The Great Acceleration'

Seit den 1950er Jahren ist eine dramatische, in der Geschichte beispiellose Zunahme von menschlicher Aktivität in vielerlei Hinsicht zu beobachten. In dem als "Große Beschleunigung" bezeichneten Modell werden zwölf gesellschaftlich-wirtschaftliche (sozio-ökonomische) Megatrends zwölf ökologischen (Erdsystem-) Megatrends zur Seite gestellt.

Damit werden die Auswirkungen menschlichen Handelns auf die lebensstiftenden Ökosysteme unseres Planeten deutlich gemacht. Viele Fürsprecher des Anthropozäns datieren den Beginn des "Menschenzeitalters" in der Mitte des 20. Jahrhunderts und nicht etwa mit dem Einsetzen der Industrialisierung in Europa und Nordamerika im 18. Jahrhundert.

In 24 Illustrationen werden die Themenkomplexe greifbar gemacht, die rasanten Beschleunigungen der Entwicklungsverläufe mit ihren Auswirkungen werden anschaulich.

Sozio-Ökonomische Trends

Die sozio-ökonomischen Trends zeichnen sich durch das dominante Merkmal aus, dass die Aktivitäten von Menschen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts rasant zunehmen. In den Kurvendiagrammen zu den sozio-ökonomischen Trends werden die Aktivitäten nach drei Staaten-Gruppen unterteilt dargestellt - OECD, BRICS und Übrige - um die teilweise krasen Ungleichheiten bzgl. Verursachung und Verantwortung zu dokumentieren.

Erdsystem-Trends

Die Beschleunigung in den Indikatoren des Erdsystems ist nach 1950 deutlich festzustellen. Erst ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zeichnen sich grundlegende Veränderungen im Zustand und in der Funktionsweise des Erdsystems ab, die über die Variabilitätsgrenzen des Holozäns hinausgehen und auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen sind. Somit wird aus erdsystemwissenschaftlicher Sicht der Beginn der „Großen Beschleunigung“ als Stichtag für den Beginn des Anthropozäns diskutiert.

Die Veröffentlichung der Kurvendiagramme finden Sie auf der Seite des
International Geosphere Biosphere Programme (IGBP)
<http://www.igbp.net/global-change/greatacceleration.4.1b8ae20512db692f2a680001630.html>

STAATENGRUPPEN LEGENDE

OECD:

Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (englisch: Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) umfasst 35 Mitgliedstaaten (Stand 2017).

In der OECD sind die meisten Länder mit einem global betrachtet hohem Pro-Kopf-Einkommen vertreten.

Während ihr Anteil an der Weltbevölkerung lediglich 18% beträgt, liegt ihr Anteil am globalen Bruttoinlandsprodukt bei 74% (Stand 2010).

BRICS:

Die BRICS-Staaten sind ein informeller Zusammenschluss von fünf Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika), die in den vergangenen Jahrzehnten ein relativ hohes Wirtschaftswachstum (von 5-10%) aufweisen konnten.

Etwa 43% der Weltbevölkerung leben in den BRICS-Staaten, während ihr Anteil am globalen Bruttoinlandsprodukt bei 16% liegt (Stand 2010).

ÜBRIGE:

Die Anzahl aller Nicht-OECD- und BRICS-Länder umfasst 154 Staaten. Ihr Anteil an der Weltbevölkerung beträgt 39%, während ihr Anteil am globalen Bruttoinlandsprodukt bei lediglich 10% liegt (Stand 2010).

INHALT



SOZIO-ÖKONOMISCHE TRENDS

WELTBEVÖLKERUNG	1
REALES BRUTTOINLANDSPRODUKT	3
AUSLÄNDISCHE DIREKTINVESTITIONEN	5
STÄDTISCHE BEVÖLKERUNG	7
NUTZUNG VON PRIMÄRENERGIE	9
DÜNGEREINSATZ	11
GROSSE TALSPERREN	13
WASSERNUTZUNG	15
PAPIERPRODUKTION	17
TRANSPORT	19
TELEKOMMUNIKATION	21
INTERNATIONALER TOURISMUS	23

ERDSYSTEM-TRENDS

KOHLENSTOFFDIOXID IN DER ATMOSPHÄRE	CO ₂	25
LACHGAS IN DER ATMOSPHÄRE	N ₂ O	27
METHAN IN DER ATMOSPHÄRE	CH ₄	29
OZON IN DER STRATOSPHÄRE	O ₃	31
OBERFLÄCHENTEMPERATUR		33
OZEANVERSAUERUNG		35
MARINER FISCHFANG		37
GARNELENZUCHT		39
STICKSTOFF IN KÜSTENZONEN		41
VERLUST TROPISCHER WÄLDER		43
DOMESTIZIERTE LANDFLÄCHE		45
ARTENSTERBEN		47

1

WELTBEVÖLKERUNG

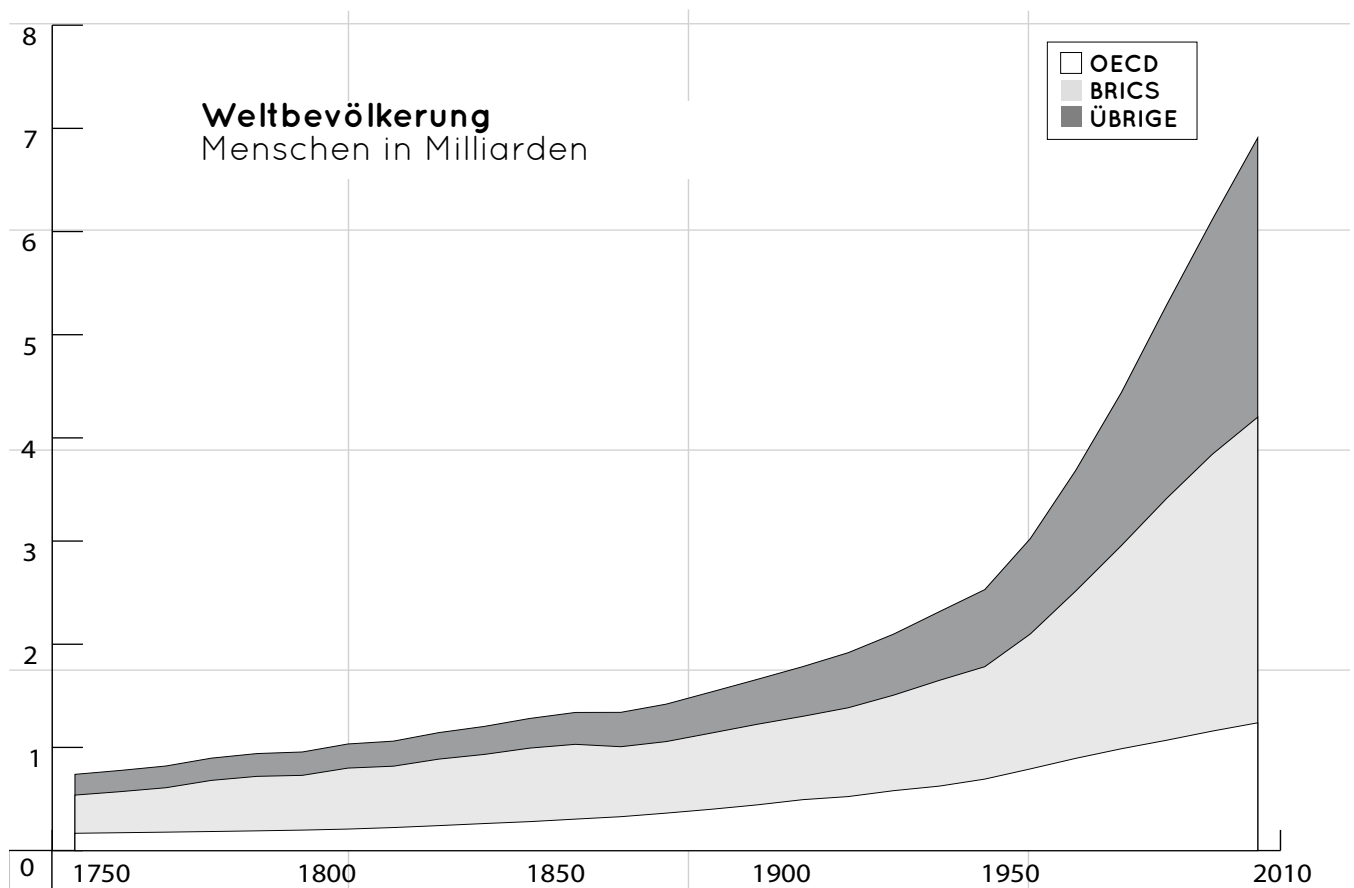


Der moderne Mensch (*Homo sapiens*) ist nach dem Aussterben des Neandertalers vor 24.000 Jahren und des *Homo floresiensis* vor 18.000 Jahren die einzige überlebende Art der Gattung *Homo*. Der Theorie nach entwickelte sich *Homo sapiens* vor ca. 200.000 Jahren aus afrikanischen Populationen des *Homo heidelbergensis*. Nach seiner Verbreitung in Afrika besiedelte er alle Kontinente der Erde (bis auf Antarktika).

Zum Ende der letzten Kaltzeit vor 10.000 Jahren lebten rund fünf bis zehn Millionen Menschen weltweit. Vor 2000 Jahren waren es bereits 170 bis 400 Millionen. Bis zum Beginn der Neuzeit stieg die Zahl der Menschen - Einbrüchen durch Seuchen zum Trotz - auf linearem Niveau.

Globale Ungleichheit:

Ein Vergleich der Entwicklungskurven der Weltbevölkerung und der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre lässt einen Zusammenhang zwischen der Zunahme der Weltbevölkerung und der globalen Erwärmung vermuten. Es zeigt sich jedoch, dass die CO₂-Emissionen am schnellsten in den Regionen der Welt ansteigen, in denen die Bevölkerung am wenigsten wächst. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts waren die ärmsten 45% der Weltbevölkerung für 7% und die reichsten 7% für 50% der Emissionen verantwortlich.



Historische Entwicklung:

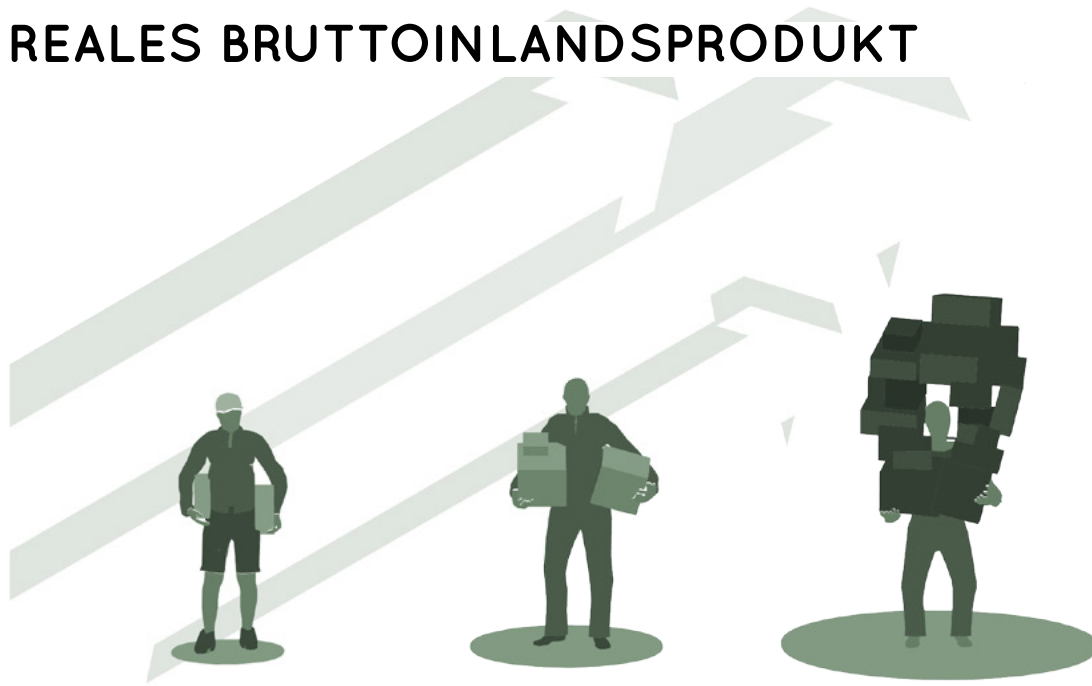
Die rasante Zunahme der Weltbevölkerung seit 1950 findet vor allem in den Nicht-OECD-Ländern statt. Und dies, obwohl die Weltwirtschaft (siehe Reales BIP und Ausländische Direktinvestitionen) und damit der Konsum weiterhin von der OECD-Welt dominiert wird. Heute leben rund 7,39 Milliarden Menschen auf der Erde.

Die Vereinten Nationen rechnen damit, dass die Weltbevölkerung bis zum Ende des 21. Jahrhunderts noch auf etwa 10 - 11 Milliarden Menschen ansteigen wird und das Wachstum dann zu einem Ende kommt.

Quellen:

- McDougall, I. et al. (2005): Stratigraphic placement and age of modern humans from Kibish, Ethiopia. In: *Nature* (433), 733–736.
- Morwood, M. J. et al. (2004): Archaeology and age of a new hominin from Flores in eastern Indonesia. In: *Nature* (431), 1087–1091.
- Roberts, J. T., & Parks, B. C. (2007): *A Climate of Injustice: Global Inequality and Climate Change–Vulnerability; Responsibility and Climate Policy*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Satterthwaite, D. (2009): The implications of population growth and urbanization for climate change. *Environment and Urbanization*, 21(2), 545–567.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2015): http://esa.un.org/wpp/unpp/panel_population.htm. abgerufen : 17.04.2017.

2 REALES BRUTTOINLANDSPRODUKT



Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) ist die gängigste Kennzahl um die Wirtschaftsleistung eines Landes zu messen.

Es ist der Mehrwert aller Waren und Dienstleistungen, die von Unternehmen und vom Staat während eines Jahres in einem Land hergestellt bzw. verkauft werden, soweit sie nicht als Vorleistungen verwendet und sie auf dem Markt gehandelt werden. Das reale BIP wird mit konstanten Preisen, das nominale BIP hingegen mit laufenden Preisen berechnet.

Seit der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg ist das BIP zum zentralen Maß für Wirtschaftswachstum und ebenfalls ein Maß für materiellen Wohlstand geworden.

BIP und Wirtschaftswachstum:

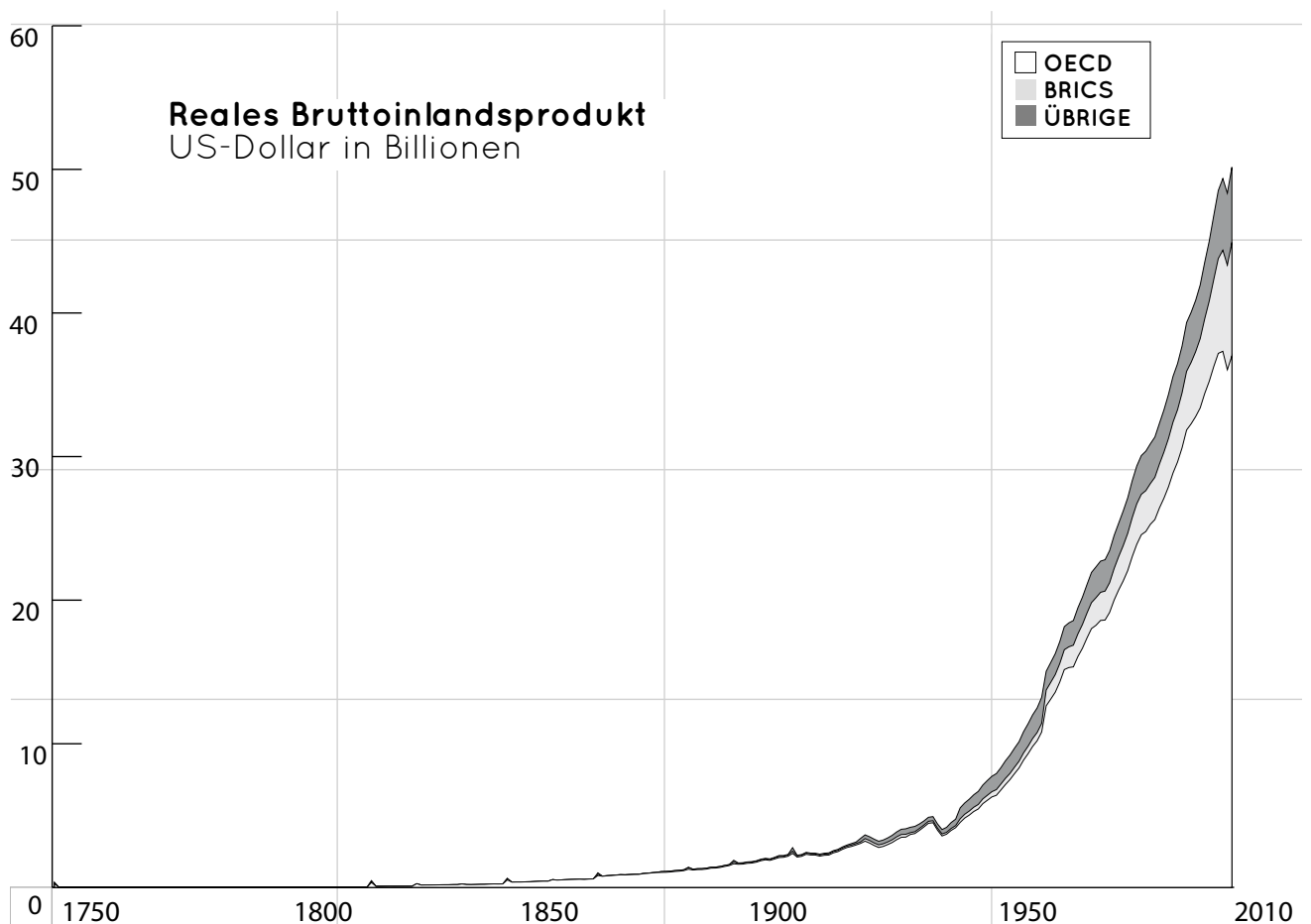
Wirtschaftswachstum, gemessen am BIP wurde nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges zu einem primären Entwicklungsziel der Industrieländer ernannt. Diese Ausrichtung ist aufgrund der existentiellen Zerstörungen, die der Krieg zur Folge hatte, nachvollziehbar.

Ob das Bruttoinlandsprodukt auch in der heutigen Zeit als Maßstab für Wirtschaftswachstum haltbar ist, ist fraglich. Denn nicht alle Kategorien gemessener Wirtschaftsleistung wirken sich auch positiv auf das Gemeinwohl aus: Auch Ausgaben in der Gesundheitsversorgung, für Umweltkatastrophen, Versicherungsleistungen, etc. steigern das BIP. Gleichzeitig finden viele gesellschaftliche Leistungen wie ehrenamtliches Engagement oder

Reproduktions- und Sorgearbeit keine entsprechende Abbildung im BIP.

BIP und Wohlbefinden:

Untersuchungen aus der Glücksforschung zeigen, dass die Steigerung des Einkommens ab einem bestimmten Wohlstandsniveau gar nicht zu mehr subjektiver Lebensqualität führt. In Deutschland ist z.B. seit den 1980er Jahren trotz stetigem Wirtschaftswachstum die Lebenszufriedenheit der Menschen nicht mehr angestiegen. Es konnte weiterhin aufgezeigt werden, dass es in den Industrieländern vor allem Verteilungsgerechtigkeit innerhalb einer Gesellschaft ist, welche die Lebensqualität positiv beein-



flusst. Die bisher größte Glücksstudie kommt zu dem Ergebnis, dass partnerschaftliche und familiäre Beziehungen sowie Gesundheit den allergrößten Anteil am subjektiven Wohlbefinden haben.

Historische Entwicklung:

Die Entwicklung des realen Bruttoinlandsprodukts nach

dem Zweiten Weltkrieg zeigt das enorme Ausmaß globaler Ungleichheit bzgl. des materiellen Wohlstands und des Wirtschaftswachstums auf. Während das Bevölkerungswachstum vorwiegend in den BRICS- und den übrigen Ländern stattfindet, wächst die Wirtschaft hauptsächlich in den OECD-Ländern. 2010 betrug ihr Anteil am globalen BIP 74%, ihr Anteil an der Welt-

bevölkerung lag gleichzeitig nur bei 18%.

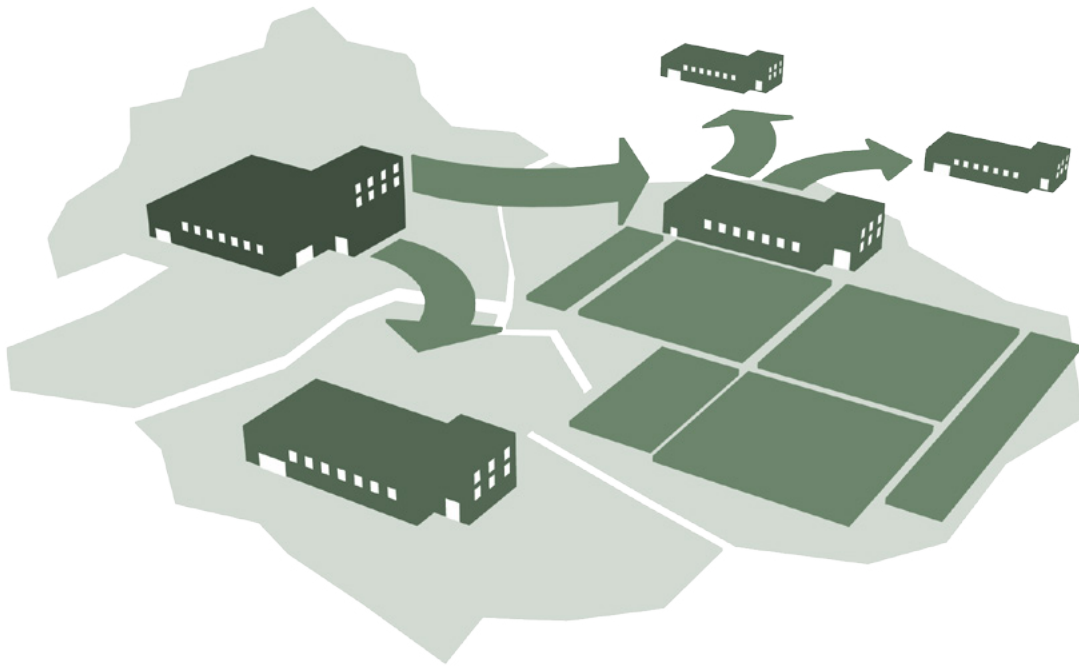
Quellen:

Jackson, T. (2011): Wohlstand ohne Wachstum: Leben und Wirtschaften in einer endlichen Welt. München, oekom.

Seidl, I., & Zahrnt, A. (2010): Argumente für einen Abschied vom Paradigma des Wirtschaftswachstums. In I. Seidl & A. Zahrnt (Hrsg.), Postwachstumsgesellschaft. Metropolis-Verlag, Marburg, 23-36.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review, 2(1), 81-98.

3 AUSLÄNDISCHE DIREKTINVESTITIONEN



Ausländische Direktinvestitionen (ADI) bezeichnen Vermögensanlagen, die von einem Unternehmen (oder auch von Staatsregierungen) getätigt werden, um eine dauerhafte Beteiligung an einem im Ausland ansässigen Unternehmen zu erwerben. Das grundlegende Kriterium ist ein Anteil von mindestens 10% der Aktien mit Stimmrechten, durch die der Investor seinen Einfluss auf das ausländische Unternehmen ausübt. Zu den vielfältigen Gründen von ADI zählen die Erschließung neuer Absatzmärkte, die Nutzung günstiger Produktionsstandorte oder auch steuerliche Vorteile.

ADI und Wirtschaftswachstum:

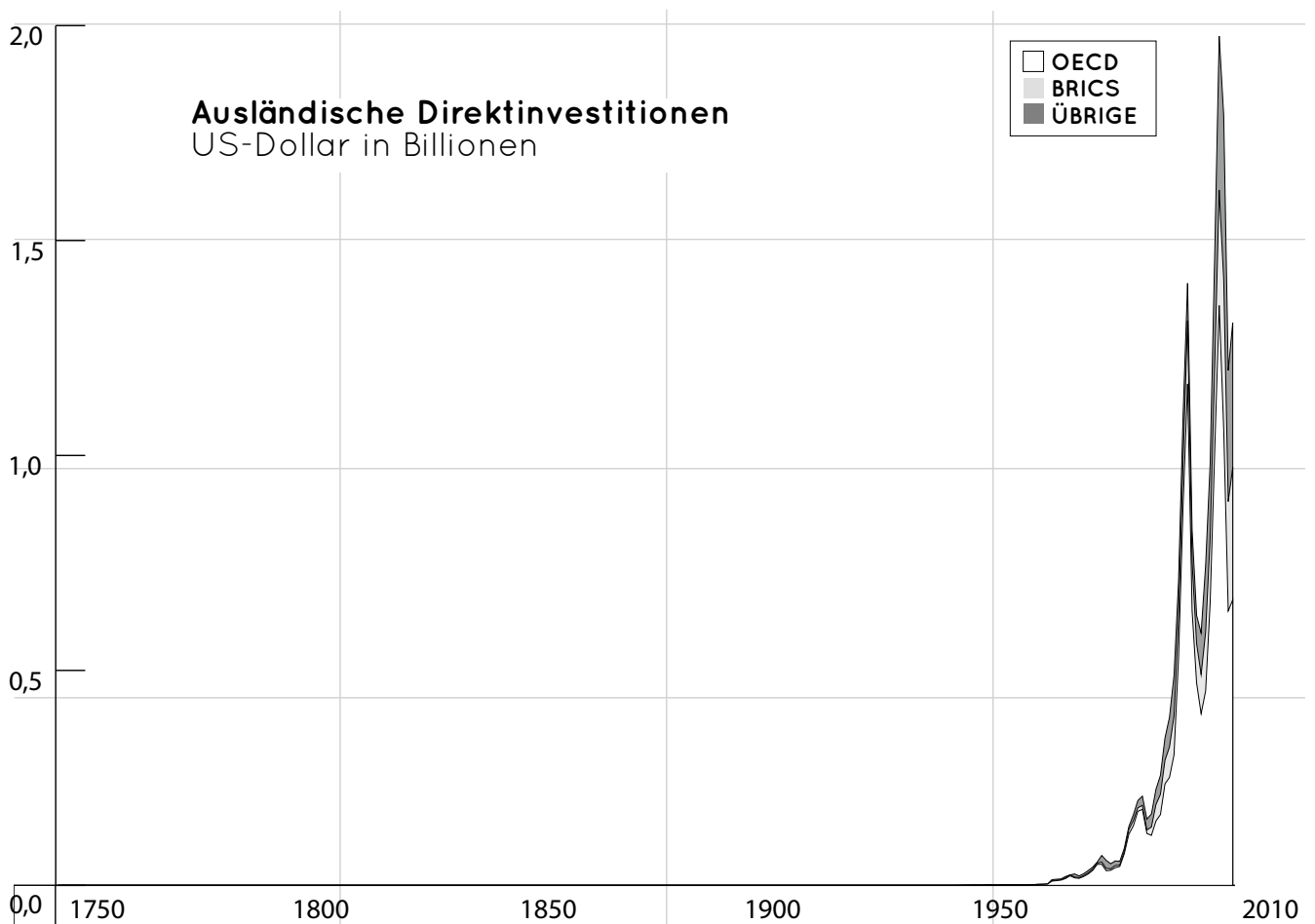
Auch wenn der Großteil an ausländischen Direktinvestitionen zwischen den OECD-Ländern stattfindet, so steigt der Anteil an Investitionen, der in die sogenannten Entwicklungsländer fließt, kontinuierlich an. Ob sich ADI positiv auf die wirtschaftliche Entwicklung im Zielland auswirken und eine Verbesserung der Lebensstandards zur Folge haben, hängt entwicklungsökonomischen Untersuchungen zufolge vor allem davon ab, inwiefern die Menschen des Ziellandes in die Unternehmen eingebunden werden. Ein niedriger (Aus)Bildungsstand etwa führt häufig dazu, dass viele Positionen mit Fachkräften besetzt werden, die nicht aus dem Zielland kommen. Dies hat zur Folge, dass die für

eine volkswirtschaftliche Entwicklung notwendige Aufbau von Humankapital nicht stattfindet.

Ausländische Großagrarinvestitionen:

Ausländische Direktinvestitionen sind immer häufiger auch Agrarinvestitionen. Kapitalkräftige Investoren wie z.B. Saudi Arabien oder China sichern sich große Flächen vor allem in Afrika, um dort mittels industrieller Landwirtschaft Nahrung und Bioenergie zu produzieren, um eigene nationale Defizite auszugleichen bzw. Gewinne zu erzielen.

Solche Großprojekte sind oft intransparent und erfolgen meist ohne Beteiligung der Bevölkerung, was häufig zu Landnutzungskonflikten führt, welche die



Lebensverhältnisse ansässiger Kleinbauern aber auch die allgemeine Ernährungssicherheit im betroffenen Land verschlechtern.

Historische Entwicklung:

Die rasante Entwicklung ausländischer Direktinvestitionen nahm in den 1980er Jahren ihren Anfang. Die globale Finanzkrise von 2008 ist deutlich zu erken-

nen. Ebenso deutlich die schnelle Erholung bei den ADI. Ihr Anstieg kann als Indikator der wirtschaftlichen Globalisierung angesehen werden. Wie bei der Entwicklung des realen Bruttoinlandsprodukts zeigt sich die Dominanz der OECD-Länder und damit ein wirtschaftliches Machtgefälle auf globaler Ebene.

Quellen:

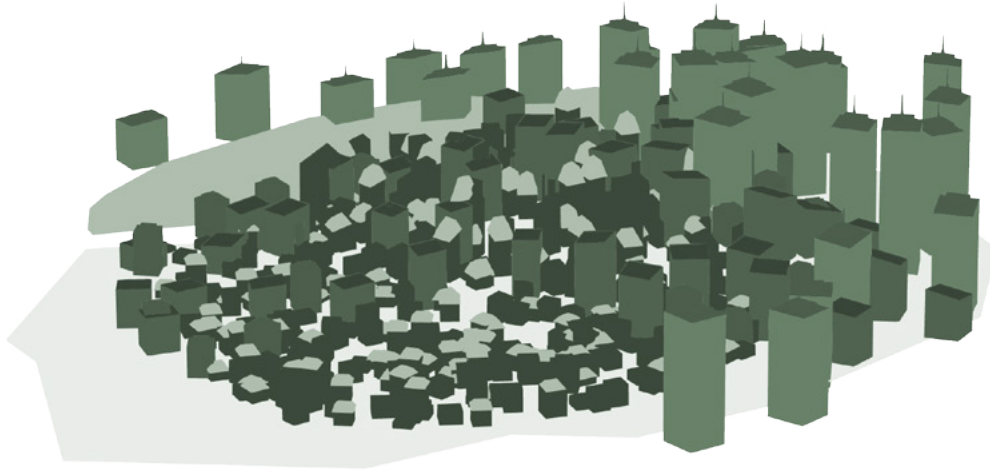
FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, IIED – International Institute for Environment and Development und IFAD – International Fund For Agricultural Development (2009): Land Grab or Development Opportunity? Agricultural Investment and International Land Deals in Africa. FAO, IIED, IFAD, Rom und London.

Krüger, R., und Ahlfeld, S. (2005): Ausländische Direktinvestitionen in Entwicklungsländern: Eine überschätzte Wachstumsdeterminante? Entwicklungswirtschaftliche Diskussionsbeiträge Universität Giessen, Nr. 31.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (2011): Hauptgutachten. Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. WBGU, Berlin.

4 STÄDTISCHE BEVÖLKERUNG



“Die Stadt erscheint im Holozän”

Die ältesten Städte mit mehreren tausend Einwohner*innen gab es vor etwa 10.000 v. Chr. in Südwestasien. Bis zur Moderne blieben große Städte selten. Dies liegt primär darin begründet, dass Städte einen Überschuss an landwirtschaftlicher Produktion für ihre Bevölkerung benötigen. In vormodernen Zeiten war die landwirtschaftliche Produktivität meist derart niedrig, dass die Menschen selber die Felder bewirtschaften mussten, und daher mehrheitlich auf dem Land lebten. Fehlende Transportmittel erschwerten zusätzlich die Beförderung von Nahrung, so dass Städte vor allem an schiffbaren Flüssen und Küsten entstanden.

Die Stadt im Anthropozän:

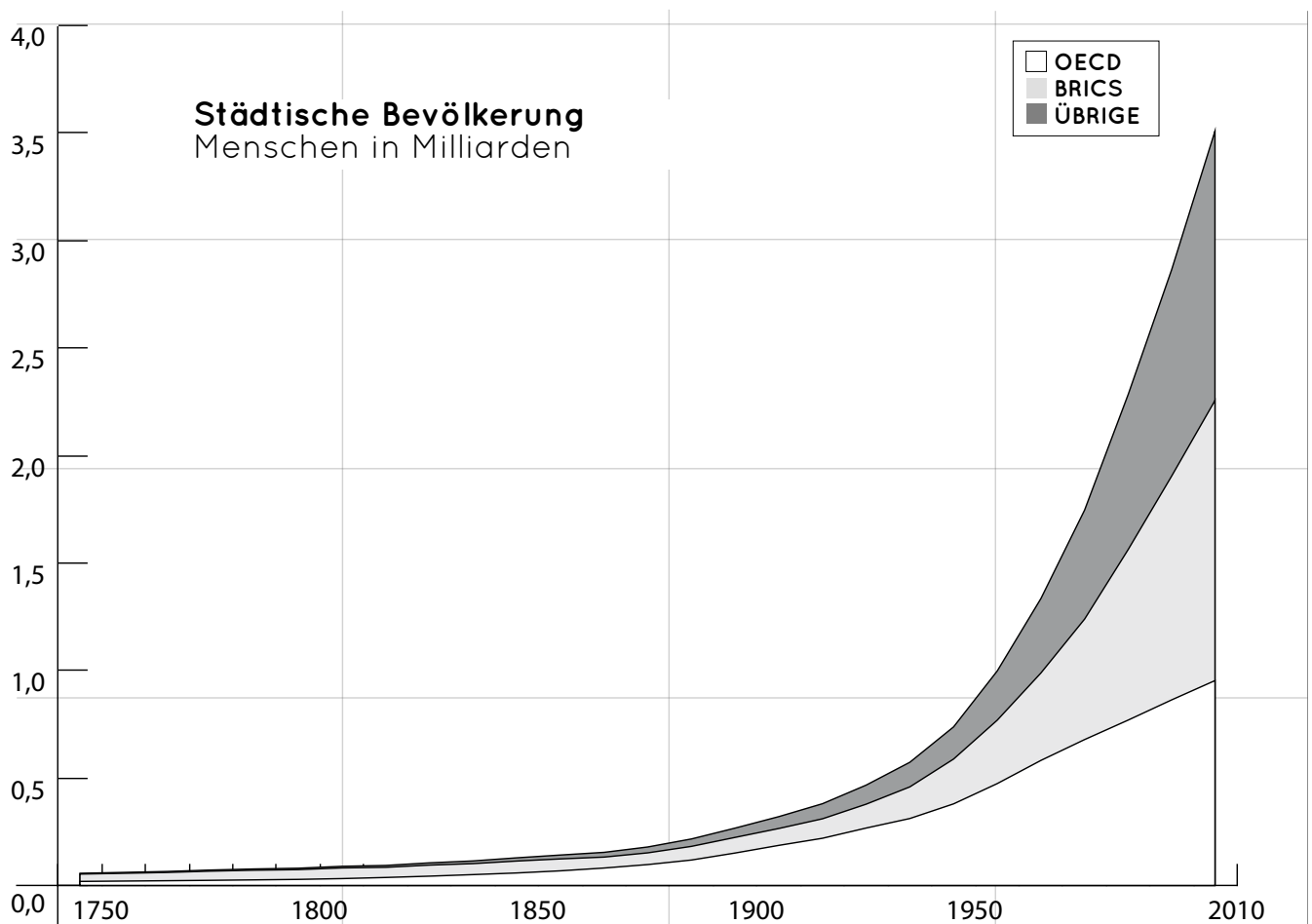
Obwohl nur die Hälfte aller Menschen in Städten leben,

nutzen alle Städte zusammen derzeit 75% der weltweit eingesetzten Energie und verursachen 80% aller Treibhausgas-Emissionen. Auch die Luftverschmutzung durch Verbrennung von Kohle in der Schwerindustrie und zur Stromerzeugung und den dominierenden Autoverkehr (siehe Transport) ist ein Problem großer Städte. Zu den besonders von Sommersmog belasteten Megastädten zählen Beijing, Shanghai oder Mexiko-Stadt. Der städtische Lebensstil ist damit zu einem entscheidenden Antreiber des Anthropozäns geworden. Sie zu ökologischen Orten umzugestalten, ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit.

Stadt als ökologischer Ort

Städten wird aufgrund ihrer Bevölkerungsdichte, ihrer räumlichen Kompaktheit und ihrer ökonomischen Aktivität ein großes Potenzial für soziale

und ökologische Veränderungen zugesprochen. So könnte eine Abkehr vom PKW-Verkehr und eine Förderung nachhaltiger Mobilität wie den Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs die Treibhausgas-Emissionen erheblich reduzieren und die Lebensqualität der Menschen steigern. Das Wohnen in Stadthäusern ermöglicht außerdem energieeffizienteres Heizen als es bei Einfamilienhäusern außerhalb von Städten der Fall ist.



1. Historische Entwicklung:

Mit der industriellen Revolution begann Anfang des 19. Jahrhunderts in England die Verstädterung, die sich bis heute fortsetzt und immer weitere Regionen der Erde einbezieht. 1800 lebten etwa 8,4 % der Weltbevölkerung in Städten.

1950 waren es bereits knapp ein Drittel. Seit 2008 leben erstmals über die Hälfte aller Menschen in Städten. Nach Schätzungen der UNO wird sich ihre Zahl bis 2050 von heute knapp 4 Mrd. auf 6,5 Milliarden Menschen erhöhen.

2. Historische Entwicklung

Der Graph zeigt, dass sich die Urbanisierung seit dem Zweiten Weltkrieg am schnellsten in den heutigen nicht OECD-Ländern vollzieht. Gründe für die massenhafte Zuwanderung aus ländlichen Gebieten ist die Modernisierung der Landwirtschaft ("Grüne Revolution") und die Industrialisierung. Ähnlich wie während der industriellen Revolution in Europa sind die Verwaltungen mit der Geschwindigkeit des Zuwachses überfordert. Elendsviertel

(sog. Slums) entstehen an den Stadträndern, in denen die Menschen unter prekären Verhältnissen (provisorische Behausungen, extreme Wohndichte, fehlende Infrastruktur) leben müssen. Laut Amnesty International lebt heute etwa jeder siebte Mensch in einem Slum.

Quellen:

McNeill, J. R., & Engelke, P. (2012): Mensch und Umwelt im Zeitalter des Anthropozän. In Geschichte der Welt. C.H. Beck, Harvard Up, Berlin.

Seto, K. C., Sánchez-Rodríguez, R., und Fragkias, M. (2010): The New Geography of Contemporary Urbanization and the Environment. Annual Review of Environment and Resources, 35(1), 167-194.

Siemens AG. (2011): Pictures of the Future. Siemens AG, Esslingen.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review, 2(1), 81-98.

5 NUTZUNG VON PRIMÄRENERGIE



Der Begriff der Primärenergie stammt aus der Energiewirtschaft.

Er fasst alle die Naturphänomene zusammen, die es Menschen unter Anwendung von technischem Know-How ermöglichen, Energie für zivilisatorische Prozesse nutzbar zu machen. Grob unterschieden wird in diesem Kontext zwischen sogenannten fossilen Energieträgern (Kohle, Erdöl und Erdgas), Kernenergie und sogenannten regenerativen oder erneuerbaren Energieträgern (Solarenergie, Wind, Wasser, Erdwärme, Biomasse, Meeresenergie).

Fossile Energieträger:

Weltweit stammen ca. 80% der heute genutzten Primärenergie aus den fossilen Energieträgern Erdöl, Kohle/Torf und Erdgas. Mit weitreichenden Folgen für das Ökosystem Erde und der in ihm lebenden Menschen: Der vermehrte Ausstoß des langlebigen Treibhausgases Kohlendioxid in die Atmosphäre

verursacht zu einem großen Anteil die globale Erwärmung. Neben Klimaveränderungen gehören Luftverschmutzung und Krankheiten von Menschen zu weiteren gravierenden Folgen der Verbrennung fossiler Energieträger. Diese werden durch lokale und regionale Emissionen von Ruß, Staub, Benzol und Aerosolen hervorgerufen.

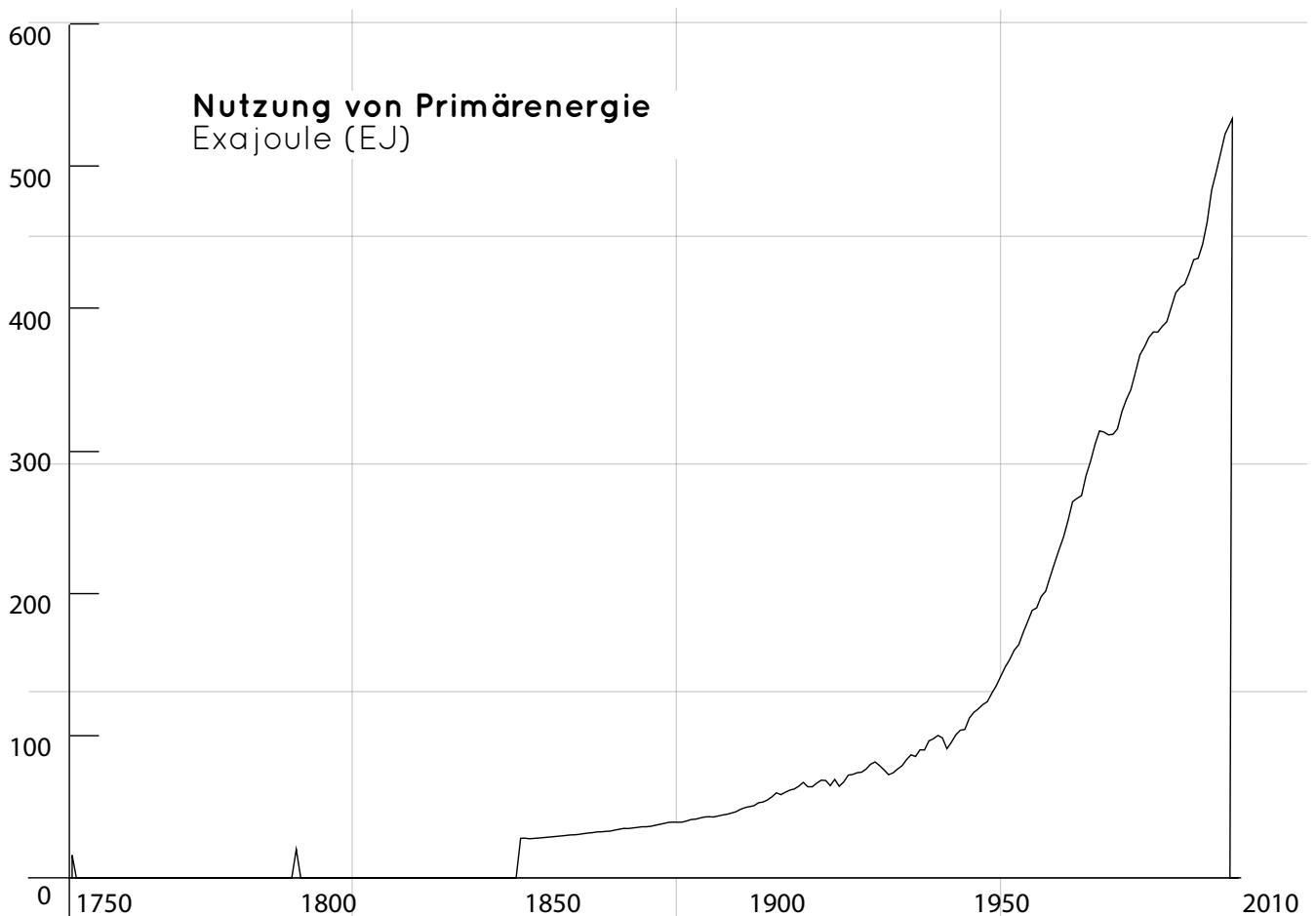
Kernenergie:

4,8% des weltweiten Anteils der Primärenergienutzung ist auf die Kernenergie zurückzuführen. In Kernkraftwerken wird durch Spaltung schwerer Atomkerne (Uran und Plutonium) zunächst Wärmeenergie und schließlich die zivilisatorisch nutzbare elektrische Energie gewonnen. Aufgrund von nicht vernachlässigbaren Risiken schwerster Schadensfälle (wie in Tschernobyl und Fukushima), der weltweit ungelösten Endlagerungsproblematik radioaktiver Abfälle sowie die Gefahr der unkontrollierten Verbreitung von Nuklear-

waffen rät der wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) dringend zu einer Zukunft ohne Kernenergie.

Erneuerbare Energieträger:

Der größte Anteil der weltweiten Primärenergienutzung aus erneuerbaren Energieträgern wird aus Biomasse und Abfällen gewonnen (10%). Wasserkraft kommt auf 2,4%. Alle anderen erneuerbaren Energieträger (vor allem Solar- und Windenergie) machen nur 1,1% des weltweiten "Primärenergie-Mixes" aus. Auch die Nutzung erneuerbarer Energien kann mit negativen Umweltfolgen und gravierenden sozialen Problemen verbunden sein. Daher müssen auch diese Technologien differenziert in Bezug auf ihre Folgeerscheinungen betrachtet werden. Bei der Bioenergie gilt es z. B. die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion auszuschließen und den Erhalt der Biodiversität sicherzustellen. Bei der Windenergie



sind u. a. Landschaftsschutz, Vogelschutz, Lärmbelastungen zu berücksichtigen. Bei großflächigen Solarenergieanlagen besteht wie bei der Bioenergiegewinnung eine mögliche Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion durch die Flächennutzung.

Nachhaltig und damit zukunftsfähig erscheint daher ein Energiemix aus verschiedenen erneuerbaren Energieträgern, deren großskaliger Einsatz negative Umwelt- und Sozialfolgen weitgehend ausschließt. Der Solar- und der Windenergie werden die größten Entwicklungspotenziale für eine effiziente, abfallfreie und

saubere Nutzung von Primärenergie in einem nachhaltigen Anthropozän zugesprochen.

Historische Entwicklung:

Die auch heute weiterhin stark ansteigende Kurve der Primärenergie Nutzung kann als der Schlüsselindikator für das Anthropozän bezeichnet werden. Die weltweite Entwicklung spiegelt die sich immer schneller ausbreitende Wirtschafts- und Lebensweise der industrialisierten und digitalisierten Gesellschaften wieder. In einer begrenzten Welt wie der unseren ist ein solches Wachstum jedoch

nicht auf Dauer möglich.

Die Erfindung der Dampfmaschine (1769) markiert den historischen Startpunkt dieser Entwicklung. Sie machte es anfänglich möglich, die chemische Energie der Kohle in Maschinen antreibende Bewegungsenergie umzuwandeln. Damit wurde die Industrielle Revolution angestoßen.

Quellen:

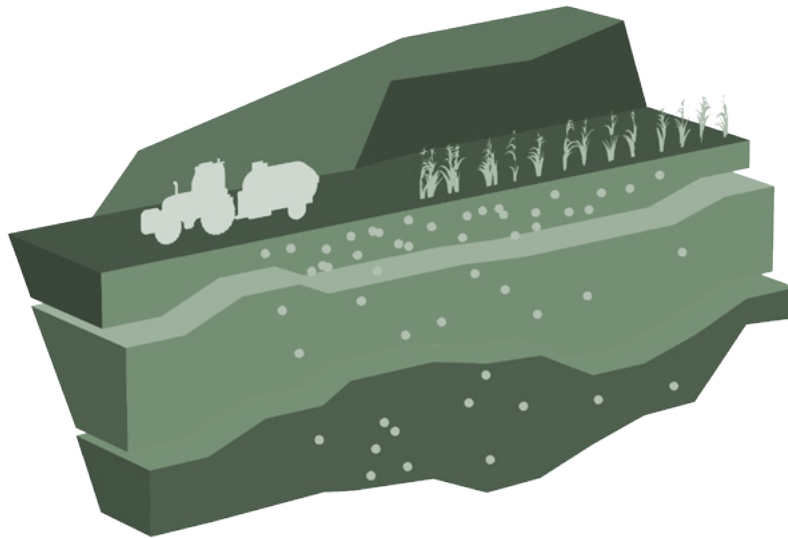
International Energy Association - IEA (2014): 2014 Key World Energy Statistics. <http://www.iea.org/publications/freepublications/>. Abgerufen: 17.04.2017.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (2011): Hauptgutachten. Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. WBGU, Berlin.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (2003): Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

6 DÜNGEREINSATZ



In landwirtschaftlich genutzten Böden gibt es einen erhöhten Bedarf an essentiellen mineralischen Nährelementen. Dies liegt primär daran, dass Nutzpflanzen abgeerntet werden und die Nährelemente, welche die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen, dem natürlichen Stoffkreislauf entzogen werden. In der industriellen Landwirtschaft werden vor allem Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) über Düngung zugesetzt. Man unterscheidet grob zwischen anorganischen industriell hergestellten Mineraldüngern und organischen Düngern, wie Kompost oder verrottetem Mist (Gülle, Guano).

Deutschland hat ein Gülleproblem:

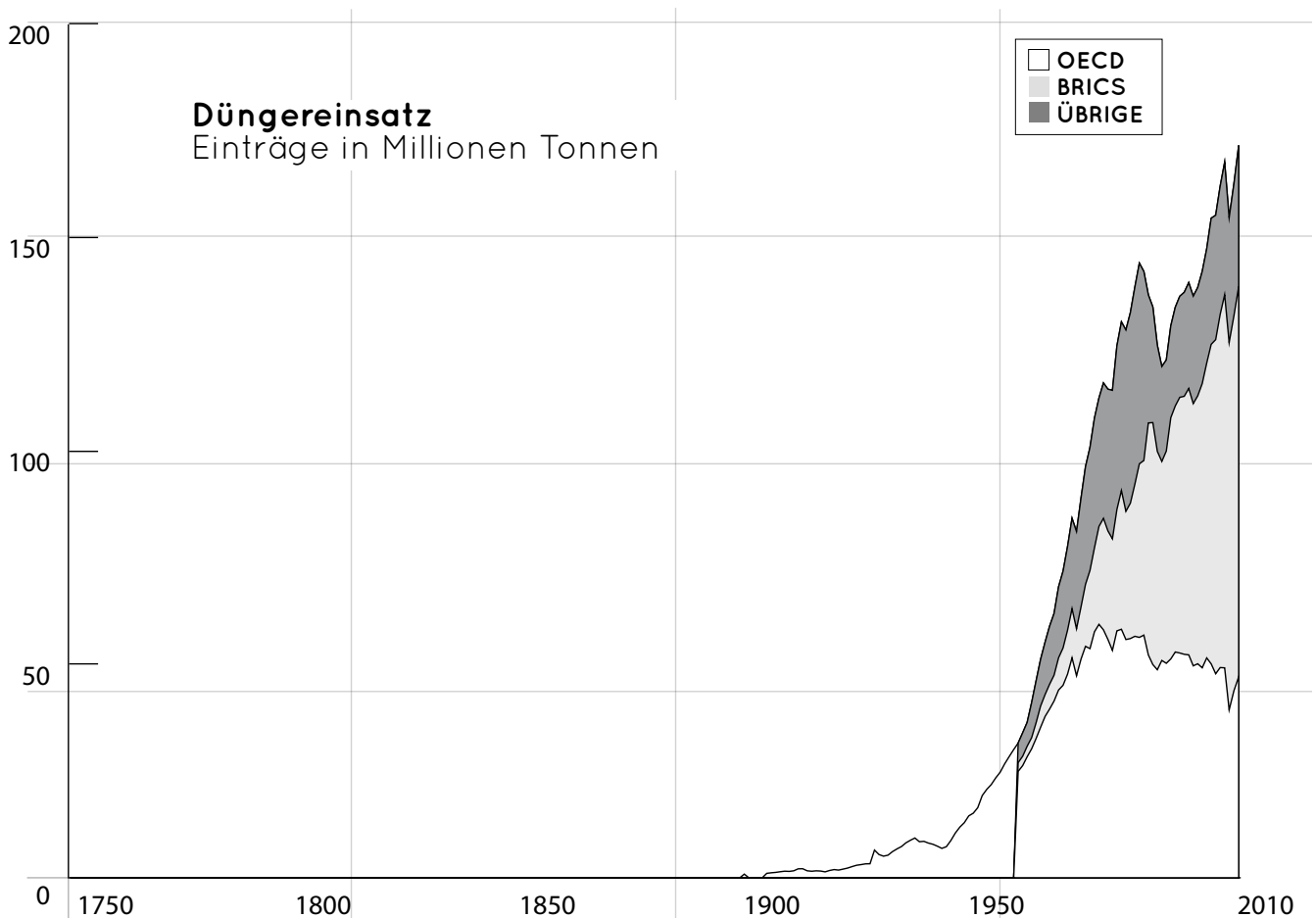
Während auf globaler Ebene vor allem der Einsatz anorganischer Kunstdünger für die Überschreitung der ökologischen Belastungsgrenzen verantwortlich ist, ist es in Deutschland die übermäßige Gülle, die zur Überdüngung der Böden führt. Diese resultiert aus der industriellen Massentierhaltung, welche den hohen Fleischkonsum der Menschen in Deutschland möglich macht. In Deutschland fällt inzwischen mehr Gülle an, als landwirtschaftliche Flächen für eine angemessene Düngung vorhanden sind. Die derzeit günstigste Entsorgung ist das (Über)-Düngen der Felder.

Das Grüne-Revolution-Syndrom:

Mit der sogenannten "Grünen Revolution" der 1960er Jahre

wurde die Agrartechnologie der Industrieländer in die sogenannten Entwicklungsländer exportiert. Dies ermöglichte eine enorme Steigerung der Agrarproduktion und ging mit einem exponentiellen Bevölkerungswachstum einher.

Auf langfristige Sicht könnte sich diese Art der Entwicklungshilfe als tragischer Fehler in Hinblick auf die Sicherung der Welternährung erweisen. Der großflächige Anbau von Monokulturen unter Einsatz von ertragreichen Getreidesorten, Kunstdünger, Pestiziden und Großmaschinen führt dazu, dass Böden auf lange Zeit unbrauchbar werden. Jüngere Untersuchungen gehen davon aus, dass etwa ein Drittel der globalen Ackerflächen von Verlust und Zerstörung betroffen sind.



Historische Entwicklung:

Stickstoff ist für Pflanzen der wichtigste mineralische Nährstoff. Bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts waren es einzig bestimmte Bakterien und Pilze, die in der Lage waren, den reichlich vorhandenen atmosphärischen Stickstoff (N_2) in eine für Pflanzen verwertbare Form umzuwandeln.

Durch die Erfindung des Haber-Bosch-Verfahrens (1909) kam eine weitere Spezies hinzu: der Mensch.

In einem energieaufwendigen industriellen Verfahren wird, bei gleichzeitiger Verbrennung fossiler Brennstoffe, aus Luftstickstoff sowie Wasserstoff (H_2) Dünger synthetisiert. Seitdem werden landwirtschaftlich genutzte Böden in exponentiell zunehmendem Maße mit diesen anorganischen Düngern versetzt.

Überdüngung:

Eines der größten Probleme, die aus der industriellen Landwirtschaft resultieren, sind

die Folgen von ineffizienter Düngung: Ungefähr die Hälfte allen Stickstoffs aus anorganischen Düngemitteln werden nicht von den Agrarpflanzen aufgenommen. Überschüssige Nährelemente gelangen durch Versickerung ins Grundwasser und durch Oberflächenabfluss in Flüsse, Seen und Meere. Eine solche übermäßige Zufuhr von Nährstoffen in die aquatischen Ökosysteme hat verheerende Folgen für die dort lebenden Arten (siehe Stickstoff in Küstenzonen).

Quellen:

Purves, W. K., Sadava, D., Orians, G., & Heller, H. C. (2010): Biologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Smil, V. (2000): Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production. MIT Press, Cambridge, Mass.

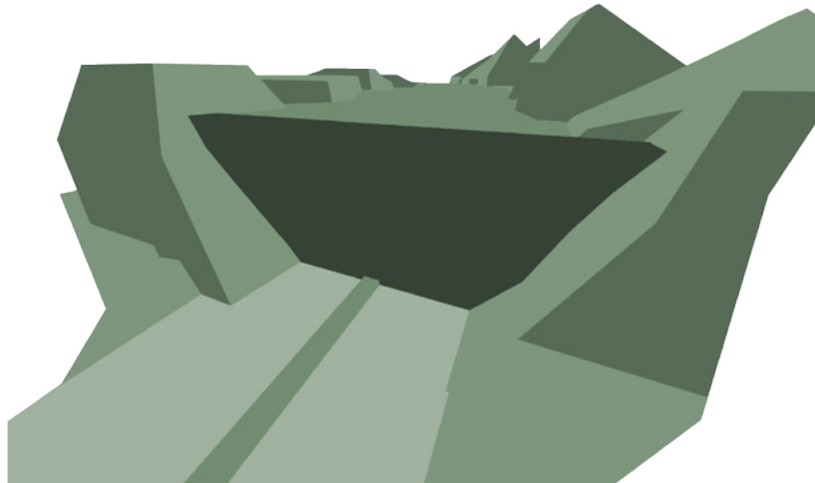
Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review, 2(1), 81–98.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (1994): Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Economica Verlag, Bonn.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (1996): Welt im Wandel: Herausforderungen für die deutsche Wissenschaft, Jahresgutachten 1996. Berlin und Heidelberg

WBGU. (2011). Hauptgutachten. Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin: WBGU.

7 GROSSE TALSPERREN



Eine Talsperre ist eine bauliche Anlage zur Stauung von Flüssen. Nahezu alle großen Talsperren werden aufgrund der zunehmenden Nachfrage nach Elektrizität und Bewässerungslandwirtschaft gebaut. Weitere Ziele sind Hochwasserschutz, Wasserspeicherung und die Verbesserung von Schifffahrtswegen. Durch den Bau großer Stauanlagen werden Flusslandschaften und damit die Ökosysteme in ihrer Funktion in gravierendem Maße verändert.

Wasserkraft:

Wasserkraft gehört weltweit zu den am meisten genutzten erneuerbaren Energienträgern. Ca. 16% der weltweiten Stromversorgung wird aus der Bewegungsenergie von fließendem Wasser gewonnen. Für die Effektivität eines Wasserkraftwerks gilt: Je höher die Fallhöhe des Wassers, desto größer ist die Gewinnung von Elektrizität. Erneuerbar ist sie deshalb, weil der globale Wasserkreislauf dafür sorgt, dass das Betriebsmittel

Wasser permanent zur Verfügung steht.

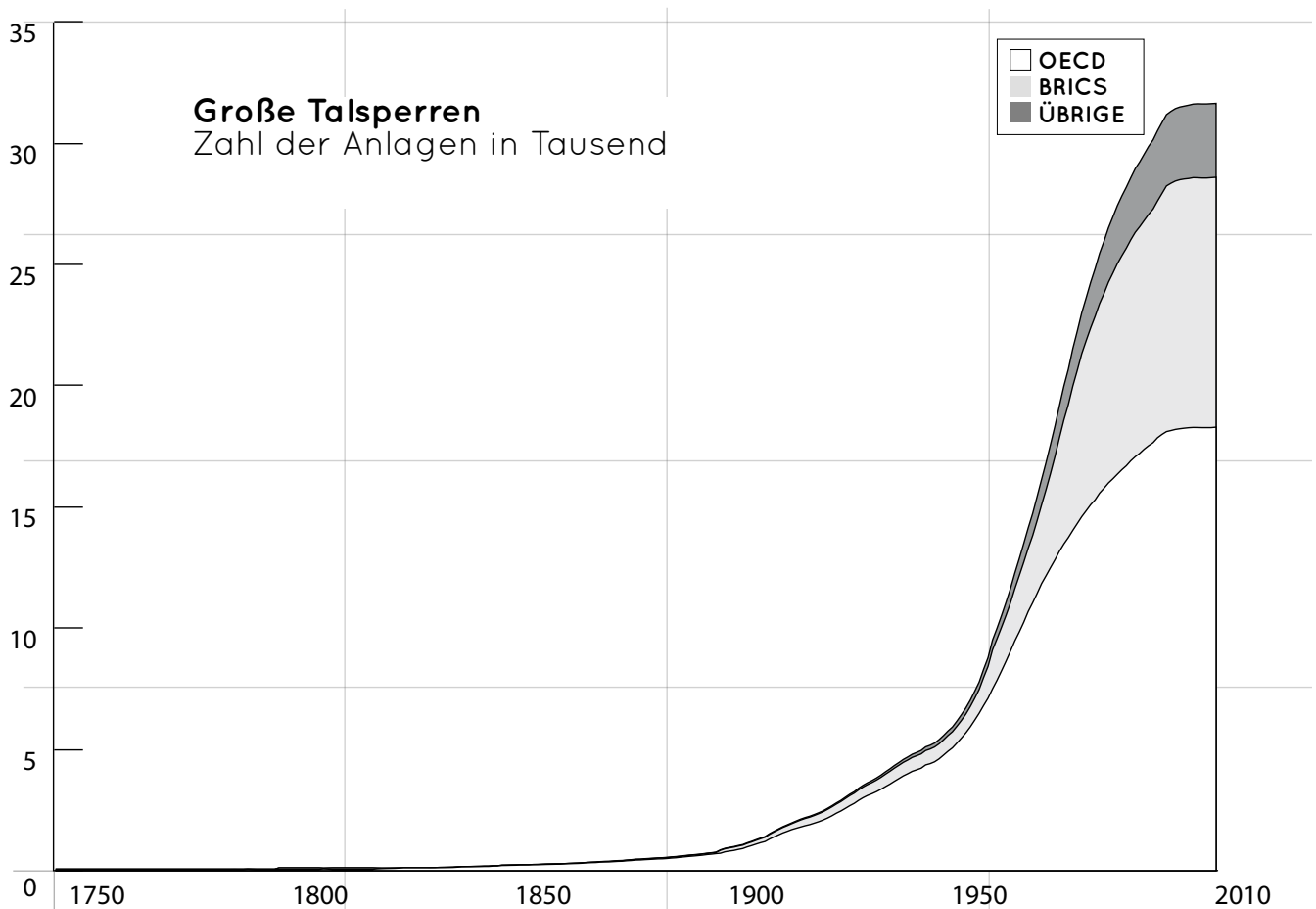
Soziale und gesellschaftliche Folgen:

Durch den Bau von großen Talsperren wurden weltweit bisher zwischen 40 und 80 Millionen Menschen teils unter erheblicher Verletzung der Menschenrechte umgesiedelt. 500 bis 750 Millionen Menschen leiden unter den Folgen von Stauanlagen. Häufig haben die betroffenen zumeist Landwirtschaft betreibenden Bevölkerungsgruppen weder adäquate Kompensationen für ihre Vermögenseinbußen noch geeignete Ersatzflächen erhalten. Dies gilt besonders für weit entfernt flussabwärts siedelnde Menschen. Die Internationale Kommission für Große Talsperren (ICOLD) hat daher Leitlinien für wasserbauliche Großprojekte entwickelt, die sich nach den Werten ökologischer und sozialer Verträglichkeit richten.

Wirkungen auf Ökosysteme:

Große Stauwerke lösen häufig komplexe Nebeneffekte auf die dortigen Landschaften und Ökosysteme aus. Zunächst überflutet die Stauung eines Flusses Landflächen. Dies hat den direkten Verlust von Flussökosystemen zur Folge. Die Umwandlung eines fließenden in ein stehendes Gewässer hat ebenfalls weitreichende ökologische Folgen.

Ein weiteres ökologisches Problem ergibt sich, indem Stauseen als sog. Sedimentfallen wirken. Zum Einen führt dies zu einer allmählichen Versandung der Stauseen. Im Unterlauf des betreffenden Flusses wird in der Folge weniger Sediment geführt, was zur Abtragung fruchtbaren Schwemmbodens in den Ufergebieten führt. Diese kann sich bis zur Flussmündung fortsetzen und damit als Küstenerosion auswirken. Insgesamt sind Talsperren ein wesentlicher Faktor für die weltweite Gefährdung der biologischen Vielfalt der Süßwasserfauna und -flora.



Auswirkung auf das Klima:

Auch wenn Wasserkraft zu den erneuerbaren Energien gezählt wird, sind viele Wasserkraftwerke nur vordergründig emissionsfrei. Die Überflutung von Wäldern, die als natürliche Kohlenstoffsinken fungieren, setzt das klimaaktive Gas Kohlenstoffdioxid frei. Außerdem gelangt durch die Zersetzung der überfluteten Pflanzen Methan in die Atmosphäre. Vor allem in tropischen Regionen

können die Emissionen eines Wasserkraftwerkes größer sein als bei einem fossilen Kraftwerk gleicher Leistung.

Historische Entwicklung:

Weltweit sind heute über 33.000 große Talsperren in Betrieb. Der Zuwachs erfährt seit etwa 10 bis 15 Jahren in allen Teilen der Welt eine starke Nivellierung. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich in der endlichen Anzahl großer Flüsse. Die größten

Potenziale für Stauanlagen sind zum heutigen Zeitpunkt in Afrika, Asien und Südamerika vorhanden, während sie in Europa und Nordamerika weitgehend ausgenutzt sind. Das derzeit größte Wasserkraftwerk ist die Drei-Schluchten-Talsperre im Jangtsekiang in China. Auch deutsche Unternehmen waren an dem Projekt beteiligt, indem zum Beispiel Transformatoren, Generatoren und Turbinen geliefert wurden.

Quellen:

Purves, W. K., Sadava, D., Orians, G., & Heller, H. C. (2010): Biologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Smil, V. (2000): Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production. MIT Press, Cambridge, Mass.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review, 2(1), 81–98.

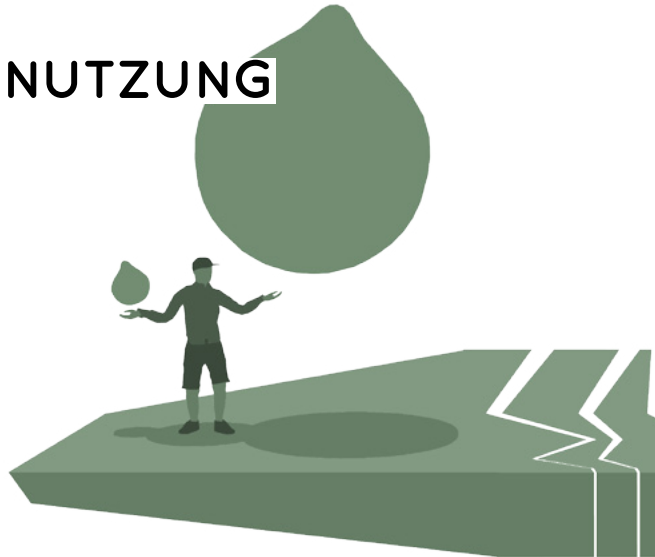
Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (1994): Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Economica Verlag, Bonn.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (1996): Welt im Wandel: Herausforderungen für die deutsche Wissenschaft, Jahresgutachten 1996. Berlin und Heidelberg

WBGU. (2011). Hauptgutachten. Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin: WBGU.

8

WASSERNUTZUNG



Menschen haben im Laufe ihrer kulturellen Geschichte gelernt, die Süßwasserströme in der Natur für die eigenen Zwecke zu kontrollieren.

Das für die menschliche Nutzung zugängliche Wasser unterliegt einem Kreislauf, angetrieben durch die Energie der Sonne und die daraus resultierende Verdunstung zu Kondensation und Niederschlag sowie Abfluss in Flüsse und Grundwasser. Wasser zu nutzen heißt die Ströme umzulenken, große Mengen fließenden Wassers zu stauen (siehe Große Talsperren), die Verdunstung von Wasser durch Landwirtschaft zu steuern und das Wasser mit chemischen Verbindungen anzureichern.

Wasserknappheit:

Derzeit werden etwa die Hälfte aller erneuerbaren und zugänglichen Wasserressourcen von Menschen genutzt. Dennoch sind heute ca. ein Drittel aller Menschen von Wasserknappheit betroffen: Etwa 1,1 Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Außerdem leiden 2,6 Milliarden Menschen unter verschmutztem Sanitärwasser. Durch ver-

schmutztes Wasser ausgelöste Krankheiten gehören zu den wichtigsten Ursachen von Kindersterblichkeit. Das Verschmutzen lokaler Wasserressourcen wird primär durch die Landwirtschaft aber auch durch die Industrie verursacht.

Trinkwasserverwendung in Deutschland:

Eine Person im regenreichen Deutschland verwendet täglich durchschnittlich 125 Liter Trinkwasser. Etwa 5 Liter davon durch Trinken und Essen, 120 Liter für sanitäre Zwecke wie Körperpflege, Wäsche waschen, Geschirr spülen, etc.

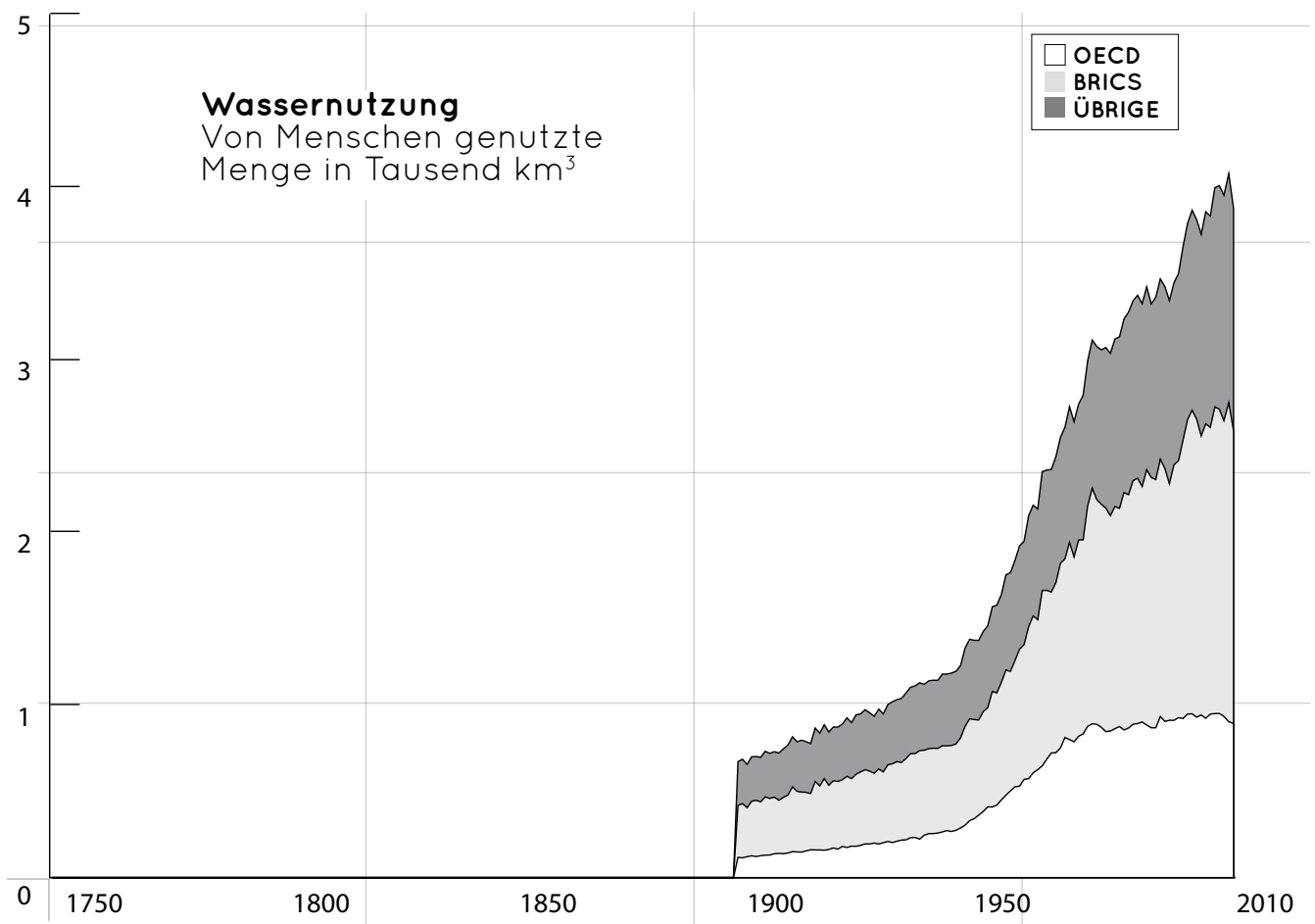
Virtuelles Wasser:

Der weitaus größere Anteil in Deutschland ergibt sich aus der indirekten Wassernutzung. Das Konzept des "virtuellen" Wassers schätzt die Wassermengen, die in der Produktion von Nahrungsmitteln und Industriegütern verwendet werden: Dieser Wert liegt in Deutschland bei durchschnittlich 4.000 Liter Wasser pro Person und Tag. Nur die Hälfte des genutzten

virtuellen Wassers stammt aus deutschen Vorräten. Die anderen 50% importieren wir auch aus Ländern, in denen Wasser nicht selten ein kostbares Gut darstellt. Derweil bleiben etwa 80% des potentiellen Wasserdargebots in Deutschland ungenutzt.

Zu tierischen Nahrungsmitteln:

Am meisten Wasser wird in der landwirtschaftlichen Nahrungproduktion benötigt. Für eine von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) als ausgewogen betrachtete Ernährung von 2.400 kcal aus pflanzlichen und 600 kcal aus tierischen Nahrungsmitteln pro Tag werden durchschnittlich 3.600 Liter Süßwasser benötigt. Vor allem die Nachfrage an tierischen Nahrungsmitteln wie Fleisch, Milch, Käse oder Eier treibt die Wassernutzung in die Höhe. Zum Vergleich: 1 kg konventionell in Deutschland erzeugten Rindfleischs braucht ca. 8.000 Liter Wasser, während die gleiche Menge an Kartoffeln 120 Liter benötigt.



Historische Entwicklung:

Der Graph zeigt eine Verfünffachung der Wassernutzung innerhalb des letzten Jahrhunderts. Während es eine deutliche Nivellierung innerhalb der OECD-Länder gibt, steigt die Nutzung in den BRICS- und übrigen Ländern weiter an. Nicht ersichtlich ist aus dieser Datenerhebung, wo das Wasser letztlich konsumiert wird.

Quellen:

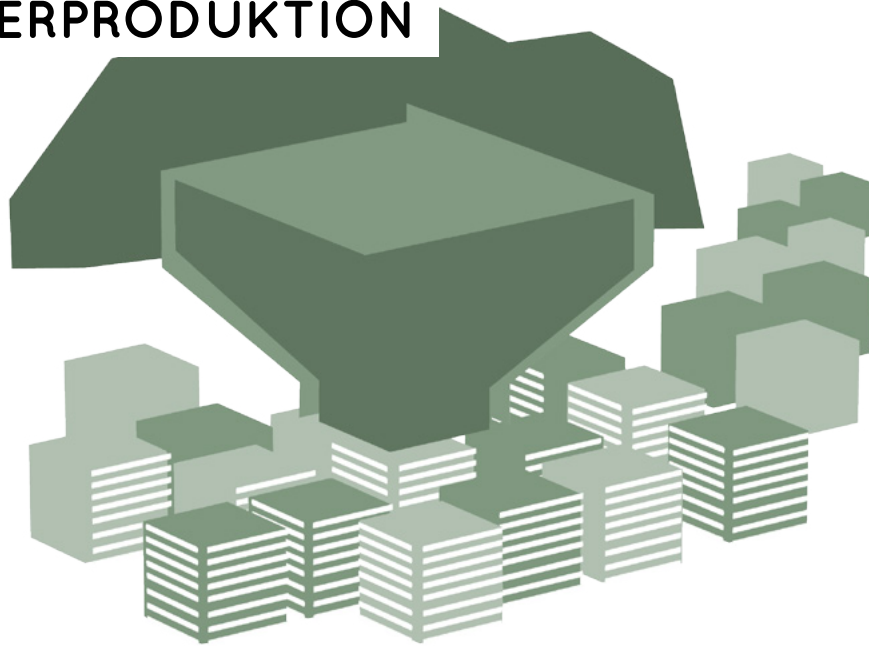
Mausser, W. (2007). *Wie lange reicht die Ressource Wasser?* Fischer, Frankfurt a. M.

Millennium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystems and Human Well-Being. Current State and Trends.* Island Press, Washington, DC.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (2011). *Hauptgutachten. Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation.* WBGU, Berlin.

9 PAPIERPRODUKTION



Ursprünglich ging das erste Papier vor etwa 2000 Jahren als innovativer Schriftträger aus den weniger praktischen Vorläufern wie Papyrus oder dem Rindenbaststoff Tapa hervor. Aufgrund seiner vielfältigen Verwendbarkeit gehört Papier heute weltweit zu den bedeutendsten Werkstoffen.

Die Industrie unterscheidet zwischen grafischen Papieren, Papier, Pappe und Karton für Verpackungen, Hygienepapieren und speziellen technischen Papieren. Zu nahezu 95% besteht Papier aus pflanzlichen Faserstoffen und basiert vor allem auf dem Rohstoff Holz.

Holzplantagen:

Das Holz für die verschiedenen Papier- und Kartonprodukte stammt aus Wäldern der ganzen Welt. Etwa die Hälfte des für kommerzielle Zwecke geschlagenen Holzes wird in der Papierproduktion verarbeitet. Viele Papierproduzenten sind transnationale Unternehmen (siehe ausländische Direktinvestitionen). Das Anlegen gigantischer Holzplantagen auf ehemaligen Regenwaldgebieten in Ländern wie Indonesien, Chile oder Brasilien tragen erheblich zum Verlust tropischer Wälder sowie zum Biodiversitätsverlust bei.

Papierproduktion in Deutschland:

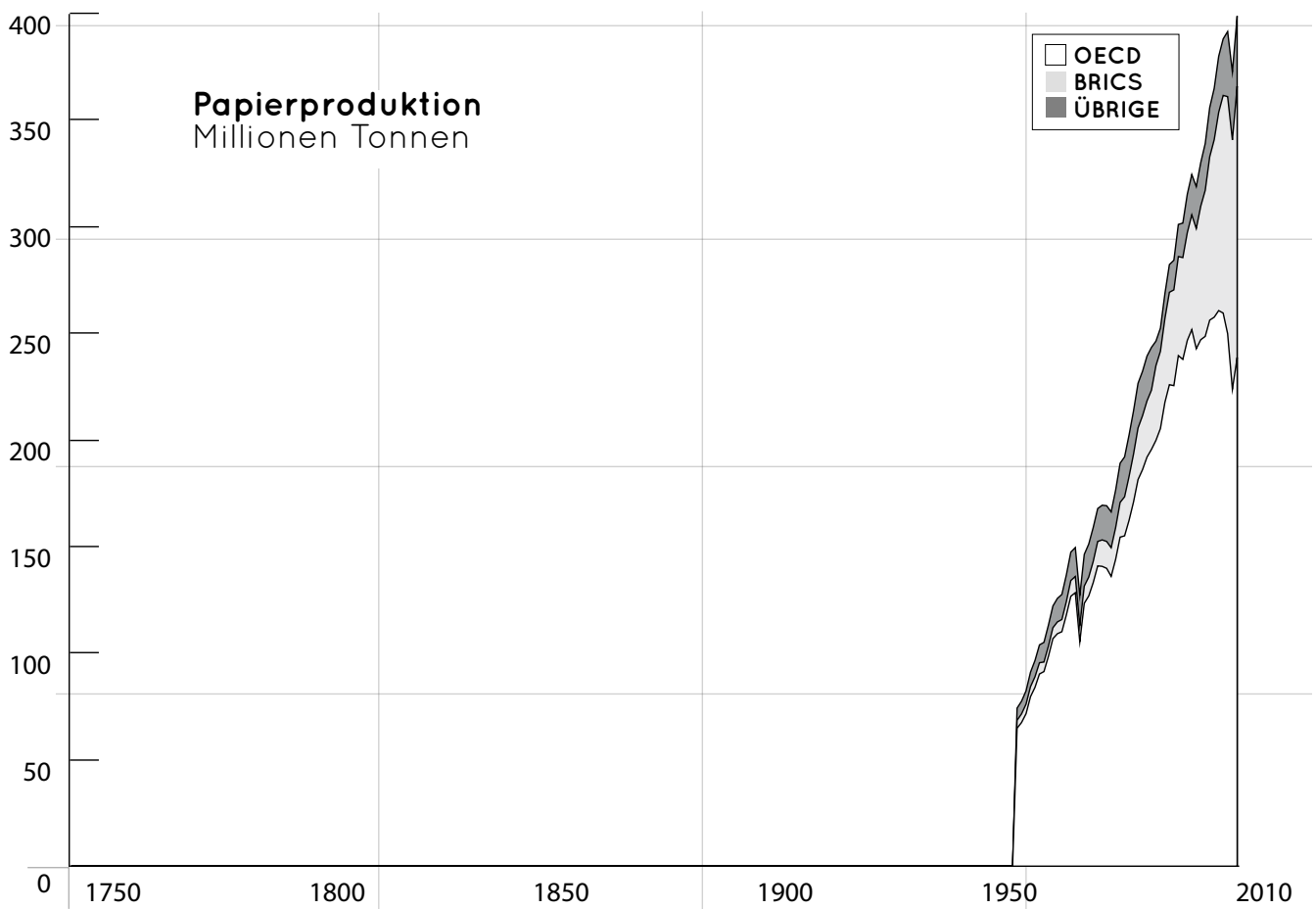
57% des verbrauchten Papiers und über 80% des Zellstoffs für die deutsche Papierproduktion werden importiert, ein zunehmender Anteil aus Plantagen in

Ländern mit niedrigen Umwelt- und Sozialstandards. Ein nicht unerheblicher Teil des importierten Zellstoffs in die EU stammen einer Recherche des World Wide Fund For Nature (WWF) zufolge außerdem aus illegalem Holzeinschlag.

Frischfaser vs. Recycling:

In der Papierproduktion wird zwischen sog. Frischfaserpapier und Recyclingpapier unterschieden. Für Frischfaserpapier muss neues Holz geschlagen und unter hohem Energieaufwand sowie Einsatz von Wasser der benötigte Zellstoff extrahiert werden.

Recyclingpapier wird aus Altpapier hergestellt. Seine Herstellung benötigt nur etwa die Hälfte an Energie sowie nur bis zu einem Drittel der Wassermenge im Vergleich zu Frischfaserpapier. Das Altpapier wird in der Regel vier bis sechs mal wieder-



verwendet bis die Fasern unbrauchbar für die Papierproduktion werden. Danach kann es als Düngemittel oder Baumaterial verwendet werden sowie zur Erzeugung von elektrischer Energie.

Historische Entwicklung:

Die Gesamtkurve zeigt eine Vervierfachung der weltweiten Papierproduktion seit 1960. Dabei gibt es globale Ungleichheiten bzgl. Produktion und Konsum. Allein die Menschen in Deutschland (ca. 1% der Weltbevölkerung) verbrauchen genauso viel Papier wie alle Men-

schen der Kontinente Afrika und Südamerika zusammen (ca. 20% der Weltbevölkerung). Über die Hälfte der gesamten ca. 400 Millionen Tonnen jährlich werden in nur vier Ländern produziert: China (107,6 Mio. t), USA (73,2 Mio. t.), Japan (26,5 Mio. t.) und Deutschland (22,5 Mio. t.).

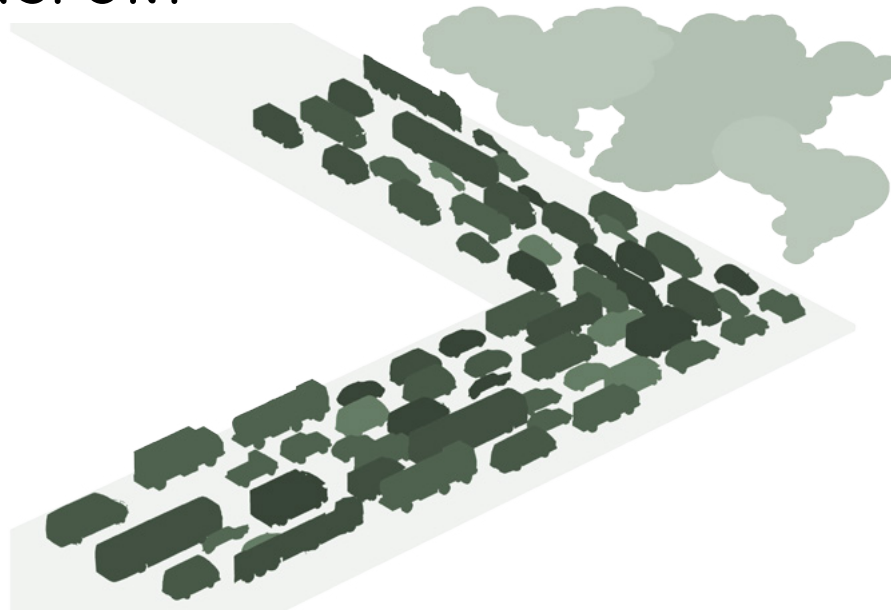
Quellen:

Papierwende.de: <https://papierwende.de/category/papier-und-umwelt/inhalte-papier-und-umwelt/doppelte-standards-papierindustrie-in-deutschland/>. Abgerufen: 17.04.2017.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

World Wide Fund For Nature - WWF: <http://www.wwf.de/themen-projekte/waelder/papierverbrauch/zahlen-und-fakten/>. Abgerufen: 17.04.2017.

10 TRANSPORT



Als Kraftfahrzeuge werden alle durch einen Motor angetriebenen, nicht an Schienen gebundenen Fahrzeuge wie PKWs, LKWs, Busse, Motorräder, etc. bezeichnet. Als Motoren werden vorwiegend Verbrennungsmotoren eingesetzt. In einem Verbrennungsmotor wird die chemische Energie des verwendeten Kraftstoffs in mechanische Bewegungsenergie umgewandelt. Die beiden wichtigsten Kraftstoffe Benzin und Diesel werden aus dem fossilen Energieträger Erdöl gewonnen.

Kraftfahrzeuge heizen das Klima auf:

Beim Verbrennen von Benzin und Diesel entsteht das klimaktive Gas CO_2 . Heute gehen etwa 23% des weltweiten CO_2 -Ausstoßes auf den Transport von Personen und Gütern zurück. Der Weltklimarat (IPCC) rechnet sogar mit einer Verdopplung der Emissionen bis 2050.

Die Zunahme der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre ist der größte Antreiber des anthropogenen Treibhauseffekts und damit eine zentrale Ursache für die globale Erwärmung.

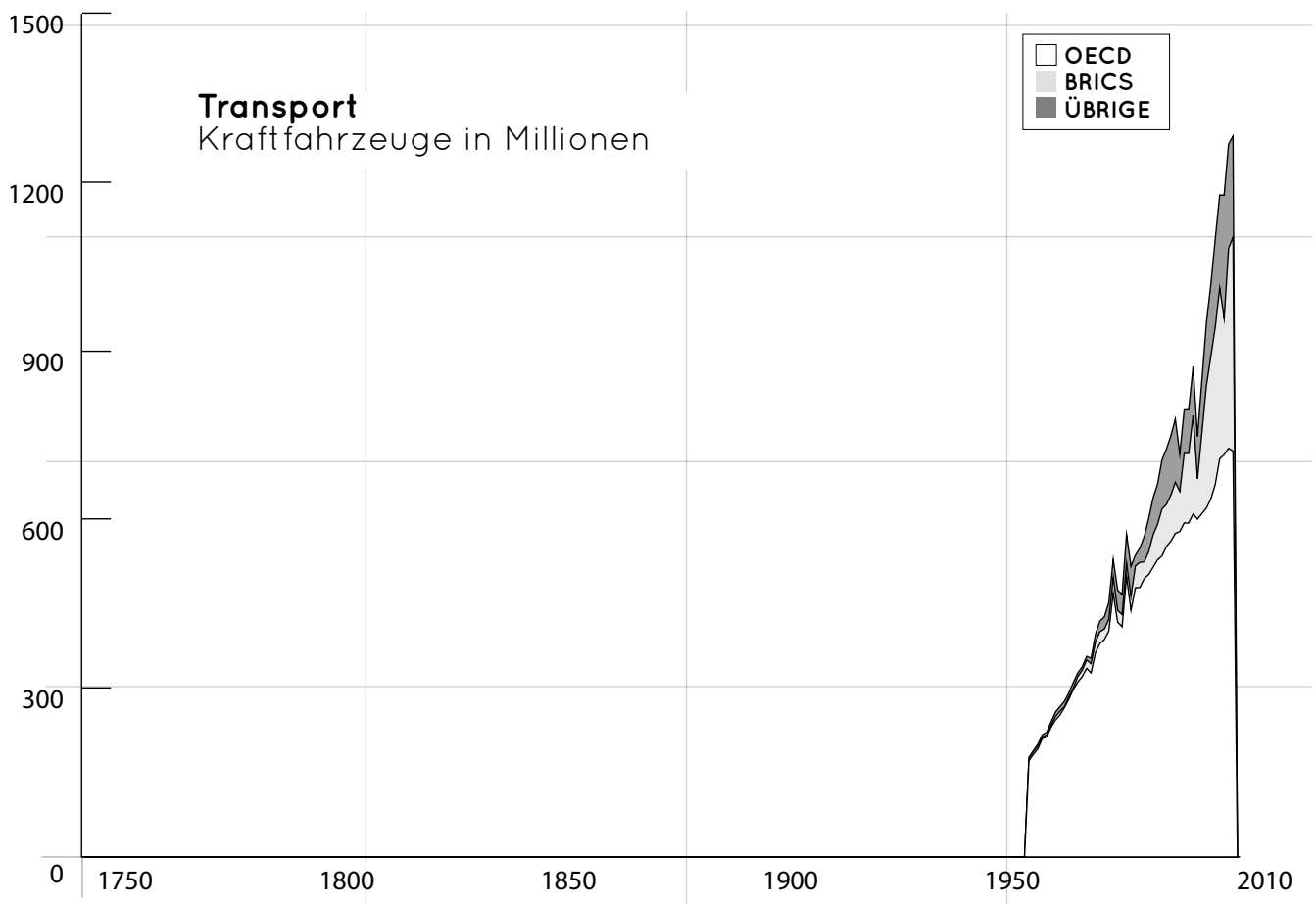
Luftverschmutzung:

Der Straßenverkehr stellt eine zentrale Quelle für die Luftverschmutzung vor allem in Städten dar. Die Emission von Stickstoffoxiden (auch Stickoxide genannt) führen in Großstädten

zu Sommersmog. Insbesondere Stickstoffdioxid (NO_2) reizt und schädigt die Atmungsorgane der Menschen. Stickstoffoxide sind außerdem maßgeblich verantwortlich für sauren Regen sowie Feinstaub. Der Europäischen Kommission zufolge sterben in der EU mehr Menschen an den Folgen von Luftverschmutzung als durch Unfälle im Straßenverkehr.

Mobilität mit Zukunft:

Neben dem Klimawandel und der Luftverschmutzung ist der Straßenverkehr außerdem verantwortlich für eine verminderte Lebensqualität in städtischen Gebieten. Verstopfte Straßen und Straßenverkehrslärm führen zu physischen und psychischen Leiden vor allem bei Menschen, die in sogenannten Lärmghettos an innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen wohnen. Auch Bewegungsmangel durch



die passive motorisierte Mobilität ist zu einem gesundheitlichen Problem geworden. Die externen Kosten des motorisierten Individualverkehrs sind vielfältig. Viele Städte haben dieses Problem erkannt und fördern inzwischen den Ausbau nachhaltiger Verkehrsmittel wie den öffentlichen Nahverkehr sowie die aktive Mobilität: Fahrrad fahren und zu Fuß gehen.

Historische Entwicklung:

Die Anzahl der Kraftfahrzeuge weltweit hat sich von ca. 200 Millionen im Jahr 1963 auf heute ca. 1,3 Milliarden mehr als sechsfacht. Die meisten Kraftfahrzeuge sind immer noch in den OECD-Ländern zugelassen. Der größte Anstieg an Neuzulassungen findet inzwischen in den Nicht-OECD-Ländern statt. Diese Entwicklung wird sich nach heutigen Schätzungen weiterhin fortsetzen.

Quellen:

Europäische Kommission: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-1274_de.htm. Abgerufen: 17.04.2017.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

Umweltbundesamt - UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffoxid-emissionen#textpart-1>. Abgerufen: 17.04.2017.

11 TELEKOMMUNIKATION



Als Telekommunikation wird jeglicher Austausch von Informationen über eine räumliche Distanz hinweg bezeichnet. Die Erfindung des Telefons im 19. Jahrhundert ermöglichte erstmals die Fernübertragung von Tönen und speziell von Sprache mittels elektrischer Signale und damit ohne größeren Zeitverlust. Mit dem allmählich einsetzenden Erfolg dieser Erfindung wurde im 20. Jahrhundert über Jahrzehnte ein immer größer werdendes und schließlich globalen Umfang erreichendes Telefonnetz gesponnen, dessen Nutzung die Telekommunikation im 20. Jahrhundert grundlegend veränderte.

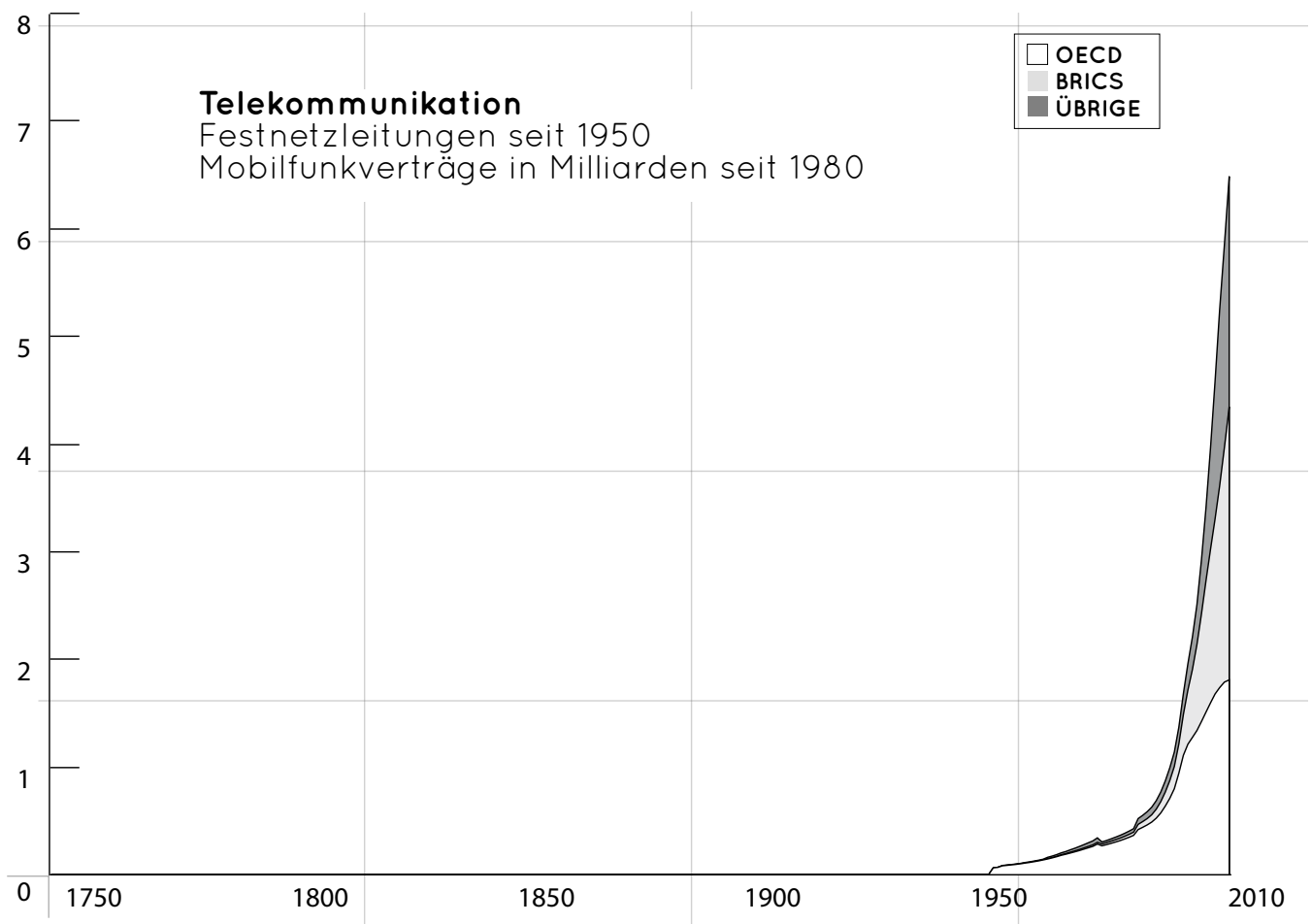
Die globale Verbreitung der mobilen digitalen Telekommunikation mittels Handy und später via Smartphone, die mit der Verbreitung der Internets einhergeht, verlief zu Beginn des 21. Jahrhunderts deutlich schneller, innerhalb von nur wenigen Jahren.

Die digitale Revolution:

Das Anthropozän ist das Zeitalter der digitalen Kommunikation. Ähnlich wie die industrielle Revolution einen Wandel von fast allen Lebensbereichen (von der Agrargesellschaft hin zur Industriegesellschaft) mit sich gebracht hat, ist es seit dem Ausgang des 20. Jahrhunderts die Digitalisierung der Informations- und Kommunikationstechnik, die als digitale Revolution bezeichnet wird. Die nahezu vollständige Digitalisierung der weltweit gespeicherten Informationen wurde um 2007 erreicht. Diese Entwicklung hat zu einer Informationsexplosion geführt. Die weltweiten Telekommunikations- und Informationsspeicherkapazitäten pro Kopf wuchsen in den zwei Jahrzehnten zwischen 1986 und 2007 etwa sechs mal schneller als die Weltwirtschaft.

Wertvolle Alt-Geräte in der Schublade:

In Deutschland haben sich nach Herstellerangaben ca. 86 Millionen alte oder defekte Handys angesammelt (Stand 2012). Damit verbleibt ein unvorstellbar großer Schatz an wertvollen Rohstoffen, wie die Metalle wie Indium, Tantal oder die "seltenen Erden" wie Cer oder Neodym ungenutzt in den Schubladen. Das Problem gerade dieser Rohstoffe: Sie kommen zumeist nur jeweils in kleinen Mengen in weit verstreut lagernden Mineralien vor. Die Aufbereitung dieser Metalle verursacht durch die dafür benötigte Energie und eingesetzten Chemikalien immense Umweltschäden. Um den Abbau dieser Elemente zu reduzieren, gibt es zwei Möglichkeiten: die längere Nutzungsdauer eines Handys bzw. Smartphones und Recycling.



Historische Entwicklung:

Die steilste Kurve aller hier dargestellten sozioökonomischen Trends ist die Zunahme von Mobilfunkverträgen seit den 1990er Jahren.

Während die Zunahme der Festnetzverträge von 1950 an sich weitgehend auf die OECD-Länder beschränkt, zeigt die Entwicklung seit den 1990er Jahren ein Überspringen dieser Technologie in den BRICS- und

übrigen Ländern. Heute existieren etwa gleich viele Mobilfunkverträge, wie es Menschen auf der Erde gibt.

Etwa 3% der weltweiten Energienutzung entfallen heute allein auf die Infrastruktur für Mobilfunk, Festnetz und Internet.

Quellen:

Europäische Kommission: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-1274_de.htm. Abgerufen: 17.04.2017.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

Umweltbundesamt - UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffoxid-emissionen#textpart-1>. Abgerufen: 17.04.2017.

12 INTERNATIONALER TOURISMUS



Vor der industriellen Revolution in Europa und Nordamerika, die schnellere und günstigere Fortbewegungsmittel wie die Eisenbahn, das Dampfschiff und später Auto und Flugzeug mit sich brachte, waren Reisen ein Privileg des Adels. Und erst nachdem Arbeiter*innen höhere Löhne und Erholungszeit erkämpft hatten, wurden Urlaubsreisen zu einem Massenphänomen in diesem Teil der Erde.

Heute zählt die Tourismusbranche zu den größten Wirtschaftssektoren. Weltweit sind etwa 100 Millionen Menschen in diesem Dienstleistungsbereich beschäftigt.

Massentourismus:

Das Anthropozän ist das Zeitalter des Tourismus. Die rasante Zunahme an Urlaubsreisen betrifft besonders Küstengebiete,

Bergregionen und Städte auf der ganzen Welt.

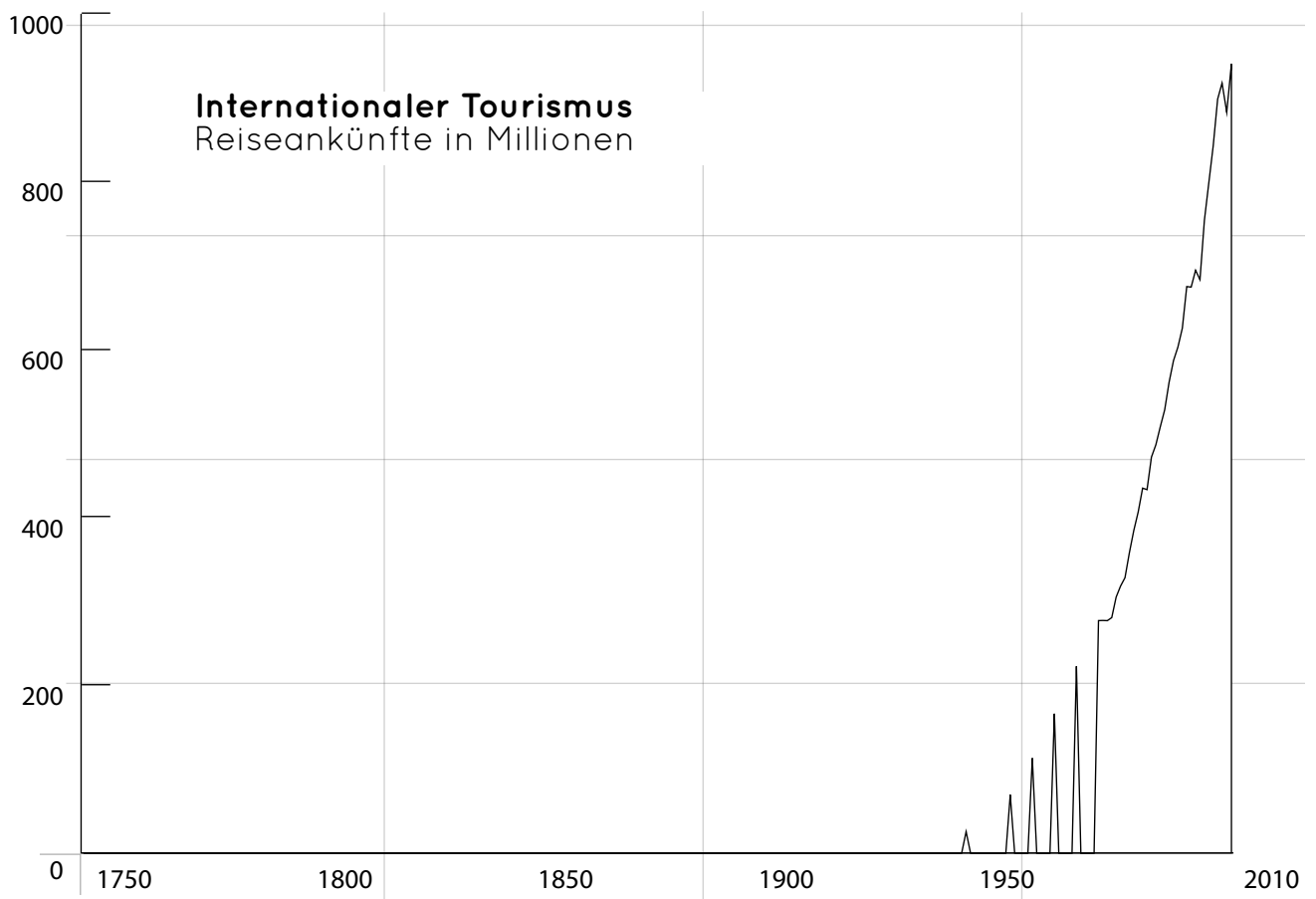
Das Phänomen des Massentourismus hat zu einer großflächigen Erschließung und Umgestaltung von Naturräumen geführt sowie zu einer Marginalisierung einheimischer Bevölkerungen beigetragen.

Als nachhaltiger Gegenentwurf zum Massentourismus gilt der sog. "sanfte" Tourismus, bei dem so wenig wie möglich auf die bereiste Natur eingewirkt wird und sich Reisende der Kultur des bereisten Landes möglichst anpassen.

Flugreisen

Vor allem Fernreisen mit dem Flugzeug haben massiv zugenommen. Beim Verbrennen von Kerosin, dem aus Erdöl bestehenden Treibstoff von Flugzeugen, entstehen sowohl giftige als auch klimaaktive Treibhaus-

gase. Flugzeuge wirken dabei auf mehrfache Weise klimaerwärmend: Zum einen wird direkt wirkendes CO₂ ausgestoßen, zum anderen auch Wasserdampf (Kondensstreifen) und Stickoxide, die sich indirekt auf das Klima auswirken. Die aktuellen Schätzungen aus der Klimaforschung über den Anteil des internationalen Flugverkehrs am menschengemachten Klimawandel belaufen sich auf Werte um 12%.



Historische Entwicklung:

Die Anzahl der internationalen Reisen pro Jahr ist innerhalb von nur 60 Jahren von rund 25 Millionen auf knapp eine Milliarde angestiegen und stellt damit einen Schlüsselaspekt der Globalisierung dar.

Ermöglicht wird diese Zunahme durch steigende Einkommen in den Industrienationen und durch sinkende Transportkosten, bei gleichzeitig sinkenden Arbeitszeiten und das sich dadurch verändernde Freizeitverhalten der Menschen.

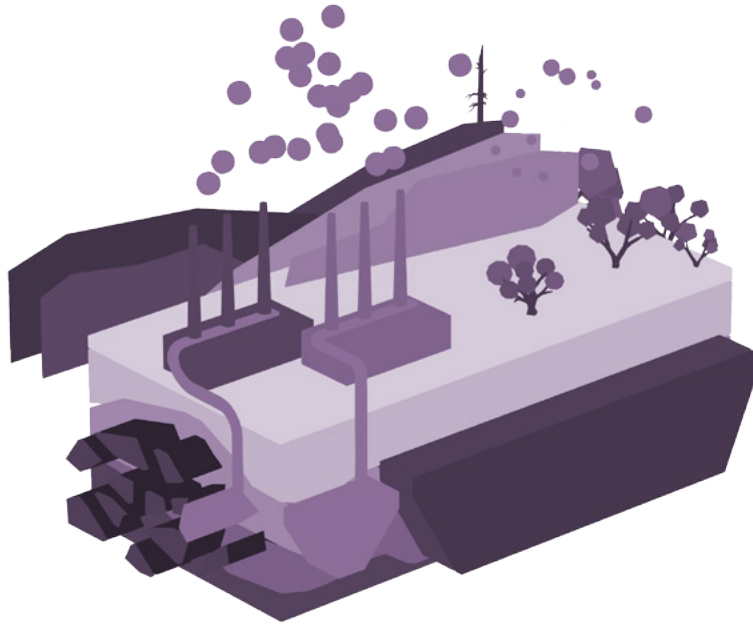
Quellen:

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98.

WBGU. (1996). *Welt im Wandel: Herausforderungen für die deutsche Wissenschaft, Jahresgutachten 1996*. Berlin und Heidelberg.

1

KOHLLENSTOFFDIOXID IN DER ATMOSPHÄRE

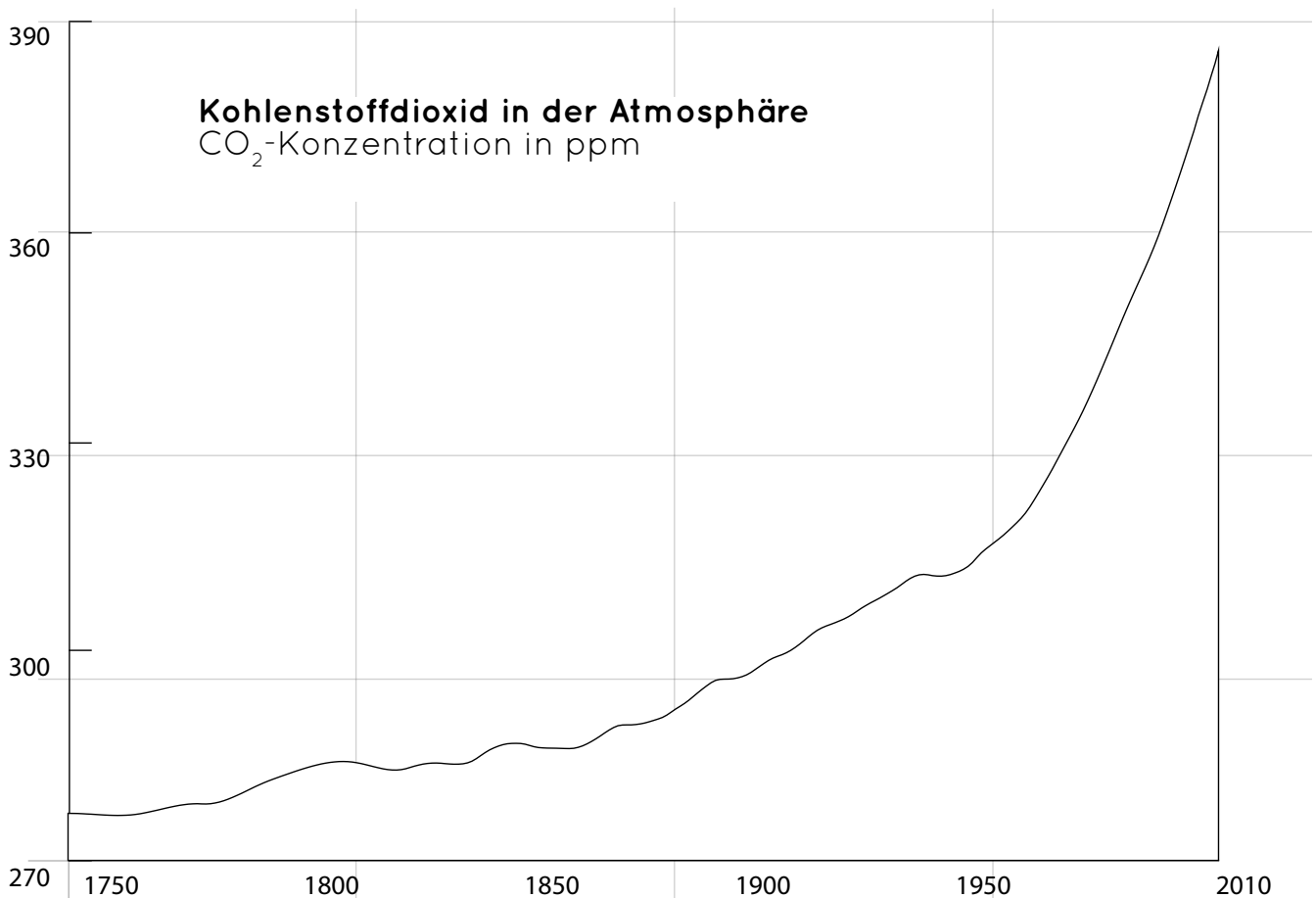


Kohlenstoffdioxid (CO_2) ist ein farb- und geruchloses Gas, welches einen wichtigen Bestandteil des globalen Kohlenstoffkreislaufes darstellt. Durch die Eigenschaft, Wärmestrahlung zu absorbieren, wirkt atmosphärisches CO_2 als sogenanntes Treibhaus- oder Klimagas. Ohne das Vorhandensein einer Atmosphäre (mit den darin vorkommenden Treibhausgasen) würde die durchschnittliche Temperatur an der Erdoberfläche ca. -18°C betragen. Dieser natürliche Treibhauseffekt, bei dem auch das Klimagas Wasserdampf eine entscheidende Rolle spielt, trägt dazu bei, dass auf der Erde heute ein Leben stiftendes Klima herrscht.

Das 1,5-Grad-Ziel:

Im Weltklimavertrag von Paris hat die UN-Staatengemeinschaft Ende 2015 völkerrechtlich festgelegt, dass die menschengemachte globale Erwärmung auf $1,5^\circ\text{C}$ gegenüber vorindustriellen Werten begrenzt werden soll. Bisher hat sich die Temperatur an der Erdoberfläche um etwa 1°C erhöht. Um die verbleibenden $0,5^\circ\text{C}$ nicht zu überschreiten, dürfen höchstens 280 Gigatonnen CO_2 in die Atmosphäre gelangen, wie die Carbon Tracker Initiative berechnet hat. Die bekannten Lagerstätten an Öl, Kohle und Gas im Besitz von Unternehmen und Staaten entsprechen in etwa 3.200 Gigatonnen CO_2 . Der monetäre Wert dieser fossilen Energiereserven wird auf 24 Billionen Euro geschätzt. Um das 1,5-Grad-Ziel zu erreichen, müssen mehr als 90% dieser Ressourcen da bleiben, wo

sie sind: im Boden. Der Erfolg des Weltklimavertrages wird also von einem Ausstieg aus den Investitionen (Divestment) in die fossile Energiewirtschaft abhängen.



Historische Entwicklung:

Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre hat im Laufe der Erdgeschichte häufig geschwankt. In der jüngsten Erdgeschichte, also in der Zeit, in der Homo sapiens lebt, hat der CO₂-Gehalt einen relativ gleichbleibenden Zustand erreicht. Nach Messungen aus Eisbohrkernen betrug die CO₂-Konzentration in den vergangenen 800.000 Jahren nie mehr als 300 ppm (parts per million). Im Vergleich zum gesamten Holozän ist die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre stark gestiegen. Verantwortlich dafür ist vor al-

lem die Verbrennung der fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas sowie die großflächige Entwaldung und Umwandlung dieser Gebiete in Agrarlandschaften seit Beginn der Industrialisierung. Mit rund 75% Anteil am menschengemachten Klimawandel gilt das Treibhausgas CO₂ als Hauptverursacher der globalen Erwärmung.

Die wichtigsten CO₂-Quellen:

Die fossilen Kohlenstoffträger Kohle, Erdöl und Erdgas wurden im Lauf von Jahrtausenden gebildet und abgelagert und so dem Kohlenstoffkreislauf ent-

zogen. Die Verbrennung des fossilen Kohlenstoffs setzt CO₂ frei, das nun in einem in der Menschheitsgeschichte einmaligen Tempo wieder der Atmosphäre zugeführt wird. Wälder gehören zu den größten natürlichen Kohlenstoffspeichern der Erde. Ihre Abholzung sorgt ebenfalls dafür, dass der in den Bäumen und Waldböden akkumulierte Kohlenstoff als CO₂ in die Atmosphäre gelangt.

Um die globale Erwärmung zu stoppen, sollte langfristig nicht mehr Kohlenstoff (C) in Form von CO₂ in die Atmosphäre gelangen, als gleichzeitig in Pflanzen und Böden gespeichert wird.

Quellen:

Carbon Tracker Initiative (2013): Unburnable Carbon - Are the world's financial markets carrying a carbon bubble? London.

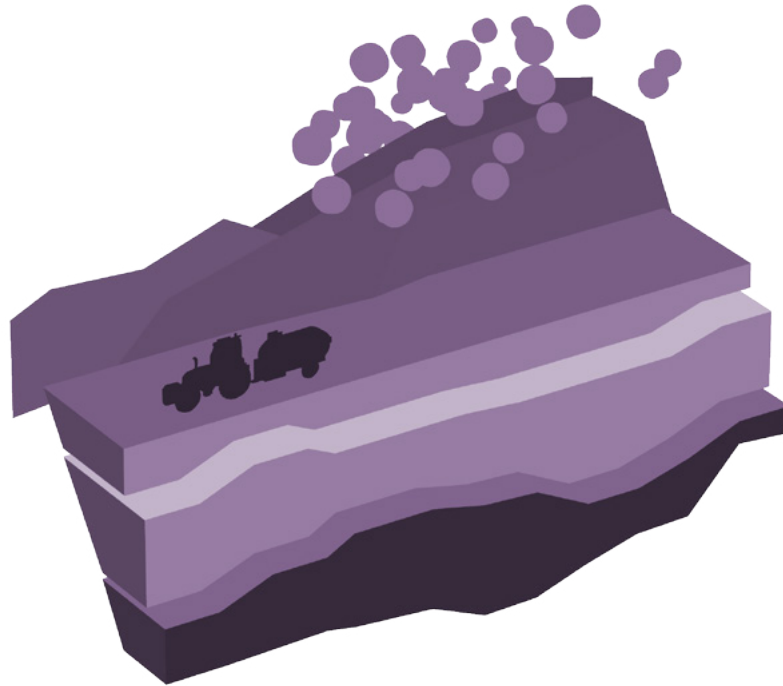
Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lüthi, D. et al. (2008): High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. In: Nature. (453), 379–382.

Niebert, K. (2016). Der Klimawandel lässt nicht mit sich verhandeln. In J. Sommer & M. Müller (Hrsg.), Unter 2 Grad?: Was der Weltklimavertrag wirklich bringt. Hirzel, 255-265.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review, 2(1), 81–98.

2 LACHGAS IN DER ATMOSPHÄRE

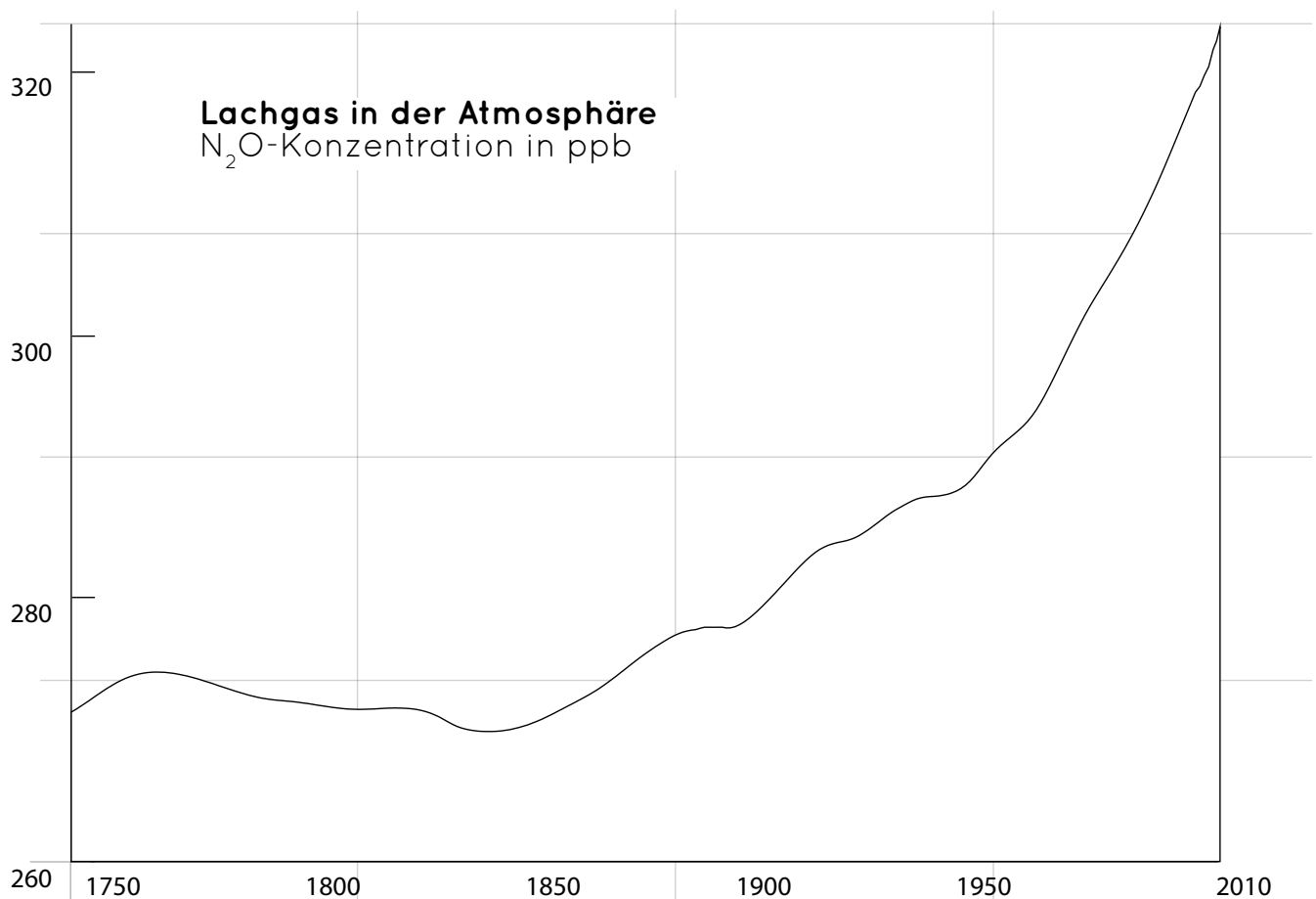


Distickstoffmonoxid (N_2O), auch Lachgas genannt, ist ein farbloses Gas aus der Gruppe der Stickstoffoxide. Es ist Bestandteil des globalen Stickstoffkreislaufs. Es wird vor allem durch natürliche Prozesse, wie z.B. bakterielle Oxidation in Böden und Ozeanen, gebildet und in die Atmosphäre freigesetzt.

Lachgas gehört zu den langlebigen Treibhausgasen. Auch wenn es eine deutlich geringere atmosphärische Konzentration als CO_2 aufweist, gehört es zu den drei wichtigsten Treibhausgasen, da seine Treibhauswirkung deutlich stärker ist als die von CO_2 : Ein N_2O -Molekül besitzt ein über 300 mal stärkeres Treibhauspotential als ein CO_2 -Molekül und seine atmosphärische Verweilzeit beträgt etwa 121 Jahre.

Übermäßiges Düngen setzt Lachgas frei:

Der weitaus größte Anteil an menschengemachten Lachgas-Emissionen wird durch die industrielle Landwirtschaft verursacht. Der übermäßige Einsatz von Stickstoffdüngern führt dazu, dass der Stickstoff nicht komplett von den Pflanzen aufgenommen wird. Ein Teil des Stickstoffs entweicht in die Atmosphäre und verbindet sich dort mit Sauerstoff zu N_2O . Ein anderer Teil versickert im Boden und gelangt so ins Grundwasser oder durch Oberflächenabfluss in Flüsse und Seen.



Historische Entwicklung:

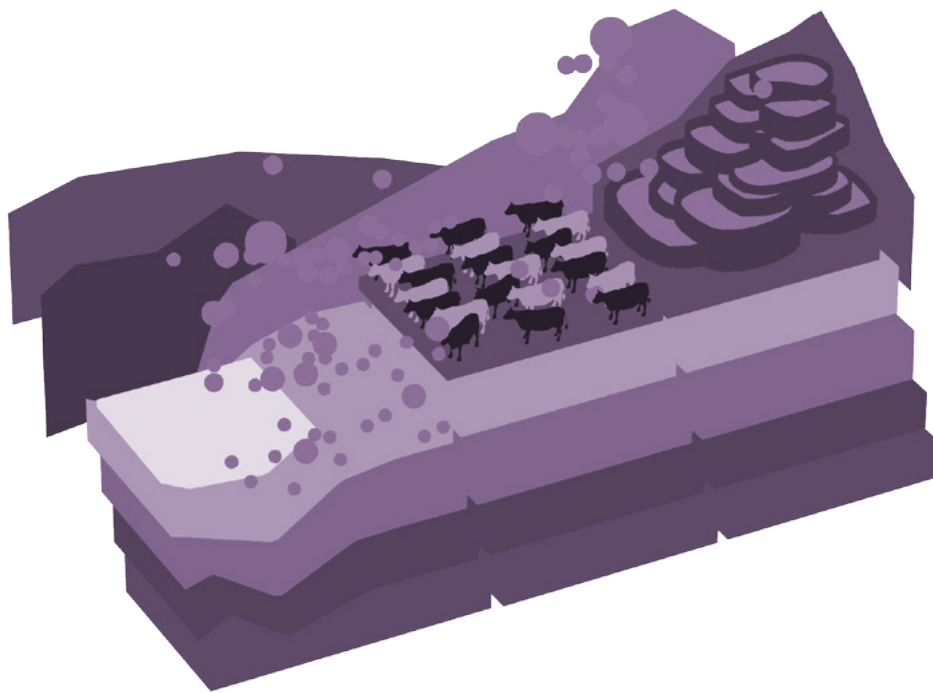
Eisbohrkerndaten der letzten 2000 Jahre zeigen, dass sich vor der Industrialisierung der N₂O-Gehalt der Atmosphäre kaum verändert hat. Im Vergleich zu seinem vorindustriellen Niveau von 270 ppb (parts per billion) ist er auf inzwischen 323 ppb angestiegen. Als Ursachen für den erhöhten N₂O-Eintrag in die Atmosphäre gelten die industrielle Landwirtschaft sowie die Verbrennung von Biomasse und von fossilen Energieträgern.

Trotz seiner verhältnismäßig geringen Konzentration hat Lachgas aufgrund seiner hohen Treibhauswirkung heute etwa einen Anteil am menschengemachten Klimawandel von etwas über 6 %.

Quellen:

- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Purves, W. K., Sadava, D., Orians, G., & Heller, H. C. (2010): Biologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Smil, V. (2000): Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review, 2(1), 81–98.

3 METHAN IN DER ATMOSPHÄRE



Methan (CH_4) ist ein farb- und geruchloses Gas und ein wichtiger Bestandteil des globalen Kohlenstoffkreislaufes.

Es entsteht hauptsächlich durch Umwandlung von organischer Materie unter Abwesenheit von Sauerstoff. Ein großer Teil des Methans wird durch den Stoffwechsel von Mikroorganismen gebildet. Nicht Verbrennen steht hier im Vordergrund, sondern Verfaulen, Vermodern und Verdauen. Auch in tieferen Schichten der Erdkruste kommt Methan vor. Es ist z. B. der Hauptbestandteil von Erdgas. Auch bei der Entstehung von Kohle entsteht Methan. Methan ist ein langlebiges Treibhausgas.

Auch wenn es eine deutlich geringere atmosphärische Konzentration als CO_2 aufweist,

gehört es zu den drei wichtigsten Treibhausgasen, da CH_4 ein 21-fach höheres Treibhauspotential besitzt als CO_2 .

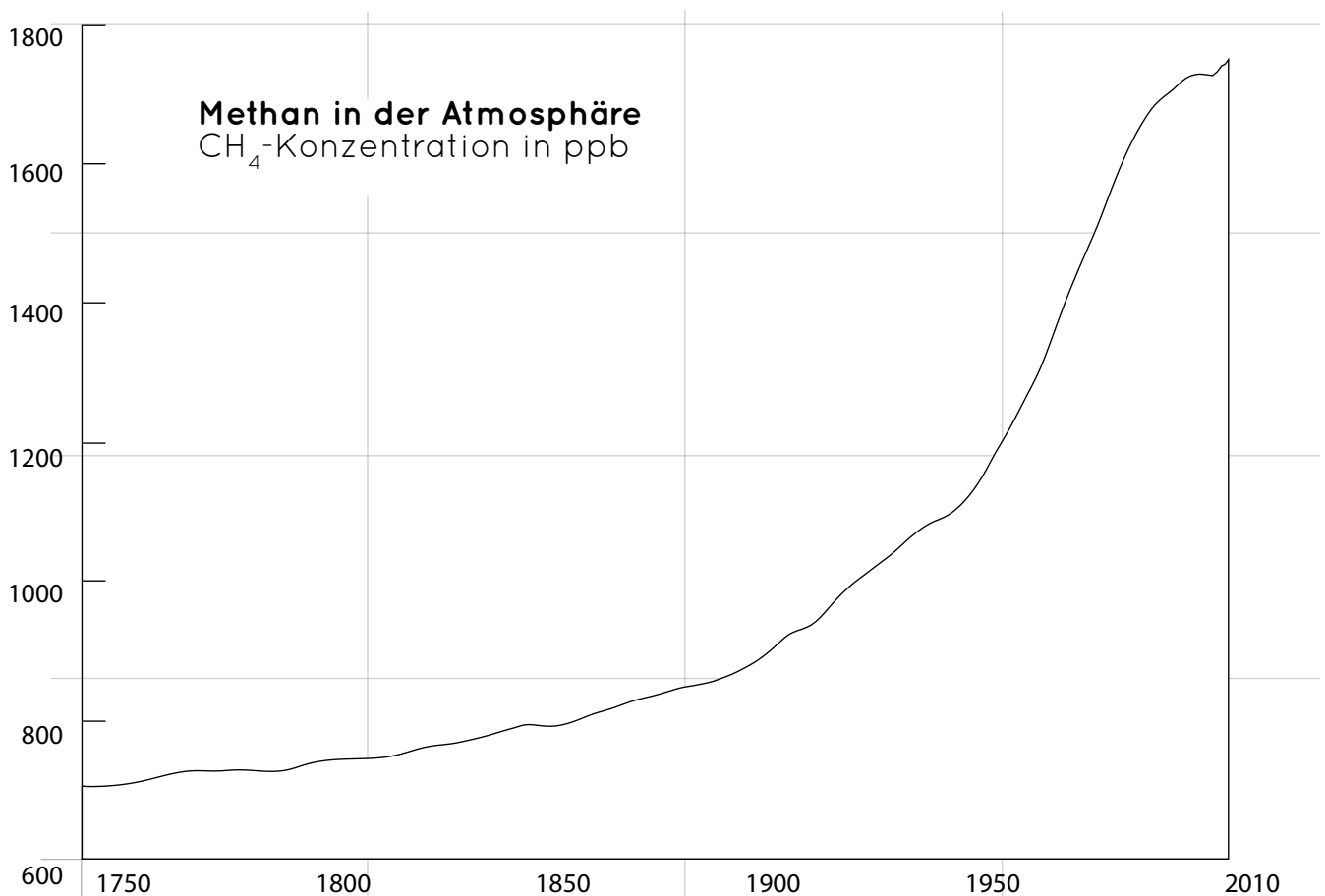
Landwirtschaft als Methan-Emittent:

Besonders zwei Sektoren der Landwirtschaft verursachen einen großen Teil der anthropogenen Methanemissionen: die Viehzucht und der Reisanbau. In der Viehzucht ist es vor allem die Haltung von Rindern und Schafen: In den Mägen von Wiederkäuern entsteht Methan, welches durch Aufstoßen und Exkremate in die Atmosphäre gelangt. Die weltweit steigende Fleischproduktion gilt als ein wichtiger Antreiber der globalen Erwärmung. Den zweitgrößten Methanausstoß aus der Land-

wirtschaft verursacht der sogenannte Nassanbau von Reis. Durch die starke Wässerung des Bodens entsteht ein nahezu sauerstofffreier Lebensraum für methanbildende Mikroorganismen. Der Methanausstoß lässt sich vermindern, indem man die Böden zwischenzeitlich austrocknen lässt.

Organischer Kohlenstoff in Permafrostböden:

In den dauerhaft gefrorenen Permafrostböden der nördlichen Hemisphäre sind nach aktuellen Modellrechnungen bis zu ca. 15.000 Gigatonnen organischen Kohlenstoffs gespeichert. Dies entspricht etwa der doppelten Menge des CO_2 in der Atmosphäre. Die Temperaturen an der Erdoberfläche steigen in diesen



Regionen etwa doppelt so schnell wie im globalen Durchschnitt, teilweise um ca. 1,8 °C allein in den letzten drei Jahrzehnten. Das bereits einsetzende Auftauen der Permafrostböden könnte große Mengen an Kohlenstoff in Form von Methan (CH₄) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) in die Atmosphäre freisetzen und somit die globale Erwärmung beschleunigen. Über den Netto-Effekt der möglichen Emissionen besteht noch keine Klarheit, da sich in und auf den aufgetauten Böden auch neue Pflanzengemeinschaften ansiedeln, die CO₂ aus der Atmosphäre aufnehmen

und auch an den Boden weitergeben.

Historische Entwicklung:

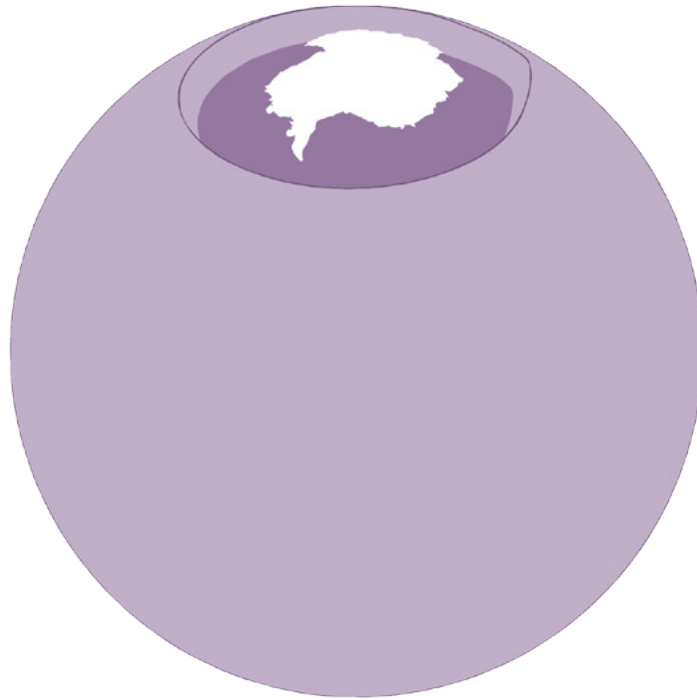
Die atmosphärische Methan-Konzentration (CH₄) ist von 730 ppb (parts per billion) im Jahr 1750 auf etwa 1.800 ppb angestiegen. Dies ist ein Anstieg um 150% und wie beim Kohlenstoffdioxid (CO₂) der höchste Stand seit mindestens 800.000 Jahren. Etwa zwei Drittel aller Methanemissionen sind heute menschlichen Ursprungs. Die größten Verursacher sind in absteigender Reihenfolge: Viehzucht, die

Nutzung fossiler Energieträger, Mülldeponien, Reisanbau und die Verbrennung von Biomasse. Die menschengemachten Methanemissionen tragen mit ca. 16% zur globalen Erwärmung bei. Damit ist atmosphärisches Methan der zweitwichtigste Antreiber des aktuellen Klimawandels.

Quellen:

- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Loulergue, L. et al. (2008): Orbital and millennial-scale features of atmospheric CH₄ over the past 800,000 years. *Nature* (453), 383–386.
- Schuur, E. A. G. et al. (2015). Climate change and the permafrost carbon feedback. *Nature*, (520), 171–179.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

4 OZON IN DER STRATOSPHERE



Ozon ist ein aus drei Sauerstoffatomen bestehendes Molekül (O_3), das in der Atemluft bei Menschen und Tieren zu Reizungen der Atemwege und der Augen führen kann. In der unteren Stratosphäre - das ist der Teil der Atmosphäre, welcher sich an die Troposphäre, die erdnächste Atmosphärenschicht, anschließt - hat es eine wichtige Schutzfunktion für das Leben auf der Erde. Die Ozonschicht absorbiert einen Teil der ultravioletten Sonnenstrahlung und schützt damit Pflanzen, Tiere und Menschen vor Strahlenschäden. Bei Menschen wirkt UV-Strahlung krebserregend.

Das Ozonloch:

Als Ozonloch wird eine seit dem Beginn der 1980er Jahre jährlich im Spätwinter bzw. Frühjahr auftretende starke Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht über der Antarktis bezeichnet. Seit Mitte der 1990er Jahre wurden auch über dem Nordpol erhebliche Ozonverluste verzeichnet. Im Jahr 2011 wurde erstmals von einem Ozonloch über der Arktis gesprochen. Bei Einhaltung des Montreal-Protokolls wird geschätzt, dass das Ozonloch über der Antarktis um 2080 wieder geschlossen sein wird, während sich die Ozonschicht über der nördlichen Hemisphäre voraussichtlich schon etwas früher erholen wird.



Historische Entwicklung:

In den 1960er Jahren setzte ein rasanter Verlust stratosphärischen Ozons ein, der seit etwa 1990 stagniert. Der Abbau des Ozons wird durch Gase, in erster Linie durch Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW), verursacht, die als Kühlmittel und als Treibgase in Spraydosen eingesetzt wurden.

1989 wurde mit dem Montreal-Protokoll von der Weltgemeinschaft ein Umweltabkommen in Kraft gesetzt, das ein weltweites Verbot von ozonabbauenden

Stoffen zum Inhalt hat. Bis heute gilt das Montreal-Protokoll als das erste und einzige erfolgreich umgesetzte Umweltabkommen auf globaler Ebene.

Quellen:

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

World Meteorological Organization - WMO (2014): Scientific Assessment Of Ozone Depletion: 2014. Abrufbar unter: http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2014/full_report_TOC.html.

5 OBERFLÄCHENTEMPERATUR

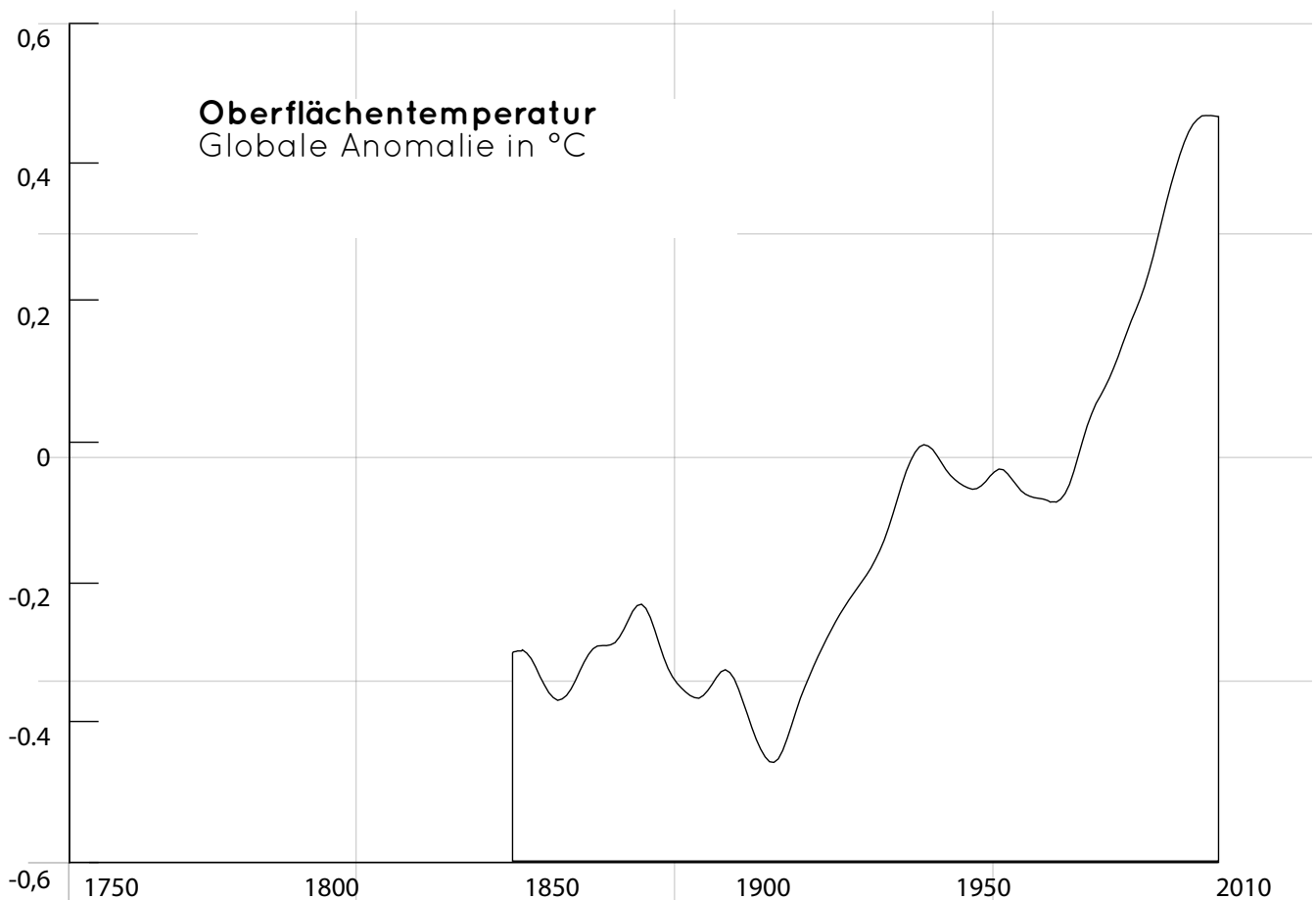


Klimageschichtlich befinden wir uns in einem Eiszeitalter (dem Quartär), in dem sowohl die Antarktis als auch die Arktis vergletschert sind. Seit dem Beginn des Quartärs vor ca. 2,6 Millionen Jahren wechseln sich Kaltzeiten (auch Glaziale genannt) mit Warmzeiten (Interglaziale) ab.

Als Holozän wird die gegenwärtige Nacheiszeit bezeichnet, eine ungewöhnlich stabile Warmzeit seit ca. 11.700 Jahren, in der das Klima höchstens um Werte von $+0,6^{\circ}\text{C}$ und $-0,7^{\circ}\text{C}$ im globalen Durchschnitt schwankte. Diese relativ gleichbleibenden Klimaverhältnisse begünstigten die Entstehung menschlicher Hochkulturen.

Folgen der globalen Erwärmung:

Eine globale Erwärmung um mehr als 2° Celsius im Vergleich zum vorindustriellen Niveau würde nicht nur einen erheblichen Anteil am Verlust der biologischen Vielfalt haben, auch direkte Folgen für die Menschheit werden erwartet. Schon heute werden jährlich mehr als 26 Millionen Menschen aufgrund von Klimaveränderungen aus ihrer Heimat vertrieben. Das sind deutlich mehr als durch gewaltsame Konflikte. Der Klimawandel gilt als "Risiko-Multiplikator", der schon bestehende Probleme verstärkt und vor allem die Lebensgrundlagen von Menschen in armen Regionen der Erde bedroht. Je nach Region werden bei einer fortschreitenden Erwärmung u.a.



ein Meeresspiegelanstieg, das Auftauen der Permafrostböden, die Ausbreitung von Dürrezonen und Wetterextreme wie Starkregen und Stürme erwartet.

Historische Entwicklung:

Die globale mittlere Lufttemperatur in Bodennähe wird als ein Indikator für den Zustand des Klimasystems gesehen. Maßgeblich verantwortlich für die derzeitige globale Erwärmung ist ein erhöhter Ausstoß der drei langlebigen Klimagase Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O), die den

anthropogenen Treibhauseffekt in der Atmosphäre verstärken. Gegenüber dem vorindustriellen Niveau ist die globale mittlere Lufttemperatur bis heute um etwa 1,1°C angestiegen. Der Weltklimarat (IPCC) rechnet mit einem weiteren Anstieg von bis zu 4 oder sogar 5°C bis zum Ende dieses Jahrhunderts, falls die Emissionen der Treibhausgase nicht drastisch reduziert werden.

Quellen:

Niebert, K., Kalisch, J. (2017): Wer das Klima anheizt, heizt Konflikte an. Infografik zur Movum-Ausgabe 6/2017 "Klimafrieden". Abrufbar unter <http://www.movum.info/images/ausgaben/heft16/heft16-infografik.pdf>

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.
WBGU (2011). Hauptgutachten. Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin: WBGU.

6 OZEANVERSAUERUNG



Seit mehreren Millionen Jahren ist das Wasser der Ozeane im globalen Durchschnitt mit einem pH-Wert um 8 leicht basisch. Ein wichtiger Einflussfaktor auf den pH-Wert der Ozeane ist die Kohlenstoffdioxid-Konzentration in der Atmosphäre. Erhöht sich die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre, so nehmen die Ozeane mehr von diesem sauren Gas auf. Dort bildet es in Reaktion mit Wasser Kohlensäure (H_2CO_3). Die Kohlensäure gibt Wasserstoffionen ins Wasser ab. Die erhöhte Konzentration der Wasserstoffionen macht das Wasser saurer. Dieser physikalisch-chemische Prozess heißt Ozeanversauerung.

Einfluss auf kalkbildende Organismen:

Die erhöhten CO_2 -Emissionen führen nicht nur zur globalen Erwärmung, sondern beeinflussen auch die Chemie der Meere. Die Geschwindigkeit der aktuellen Ozeanversauerung verläuft etwa 100 mal schneller als in den vergangenen 20 Millionen Jahren.

Der gesunkene pH-Wert behindert das Wachstum von kalkbildenden Lebewesen wie Korallen, Schnecken, Muscheln oder bestimmten Mikroorganismen (z.B. Kalkalgen). Diese Organismen sind wichtig für die Ökologie der Meere. Verschwinden sie, verschwinden in der Folge auch viele andere Arten. Diese Veränderungen können weitreichende Folgen für Millionen von Menschen haben, deren Existenz von den Ozeanen abhängt.



Historische Entwicklung:

Der starke Anstieg der Wasserstoffionen in den Ozeanen wird auf den erhöhten Eintrag von Kohlenstoffdioxid (CO_2) in die Atmosphäre zurückgeführt. Ein Vergleich der Kurven offenbart eine ziemlich exakte Entsprechung der beiden Entwicklungen. Die Ozeane absorbieren zurzeit etwa ein Viertel des durch menschliche Aktivitäten emittierten CO_2 . Damit mildern die Weltmeere die globale Erwärmung. Diese Puffereigenschaft sinkt jedoch mit zunehmender

Versauerung. Die Funktion der Ozeane als sogenannte "CO₂-Senke" wird daher mit hoher Wahrscheinlichkeit nachlassen und damit den anthropogenen Treibhauseffekt in Zukunft noch weiter verstärken, falls der CO₂-Ausstoß nicht drastisch reduziert wird.

Quellen:

Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF. (2016): Ozeanversauerung. Bonn, BMBF.

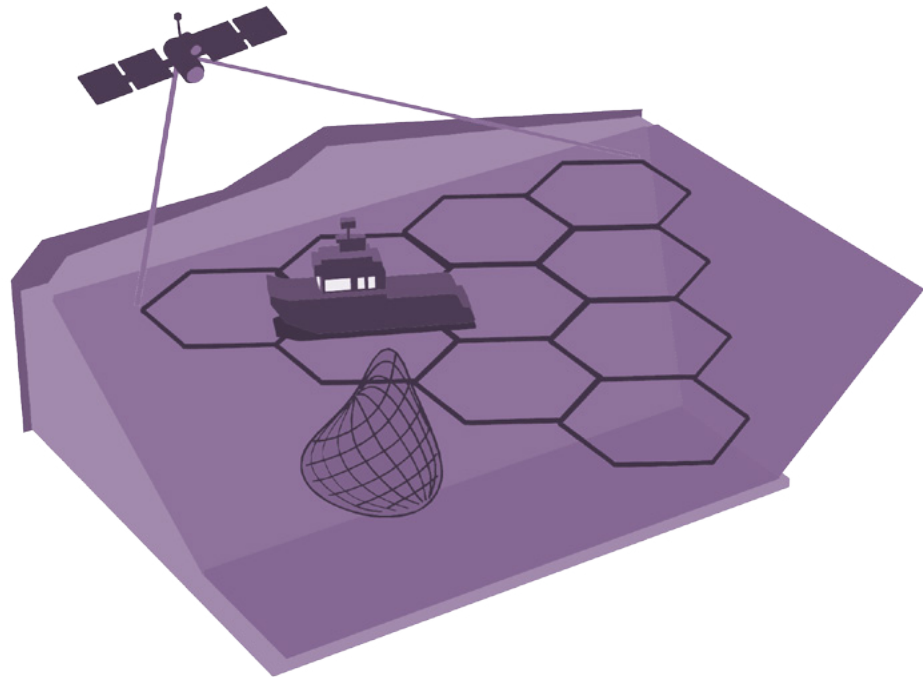
Le Quéré, C., Raupach, M. R., Canadell, J. G. et al. (2009): Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience* 2: 831– 836.

Spivack, A. J., Chen-Feng, Y., Smith, J. (1993): Foraminiferal boron isotope ratios as a proxy for surface ocean pH over the past 21 Myr. In: *Nature* (363), 149–151.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU. (2013). *Welt im Wandel - Menschheitserbe Meer*. Berlin: WBGU.

7 MARINER FISCHFANG



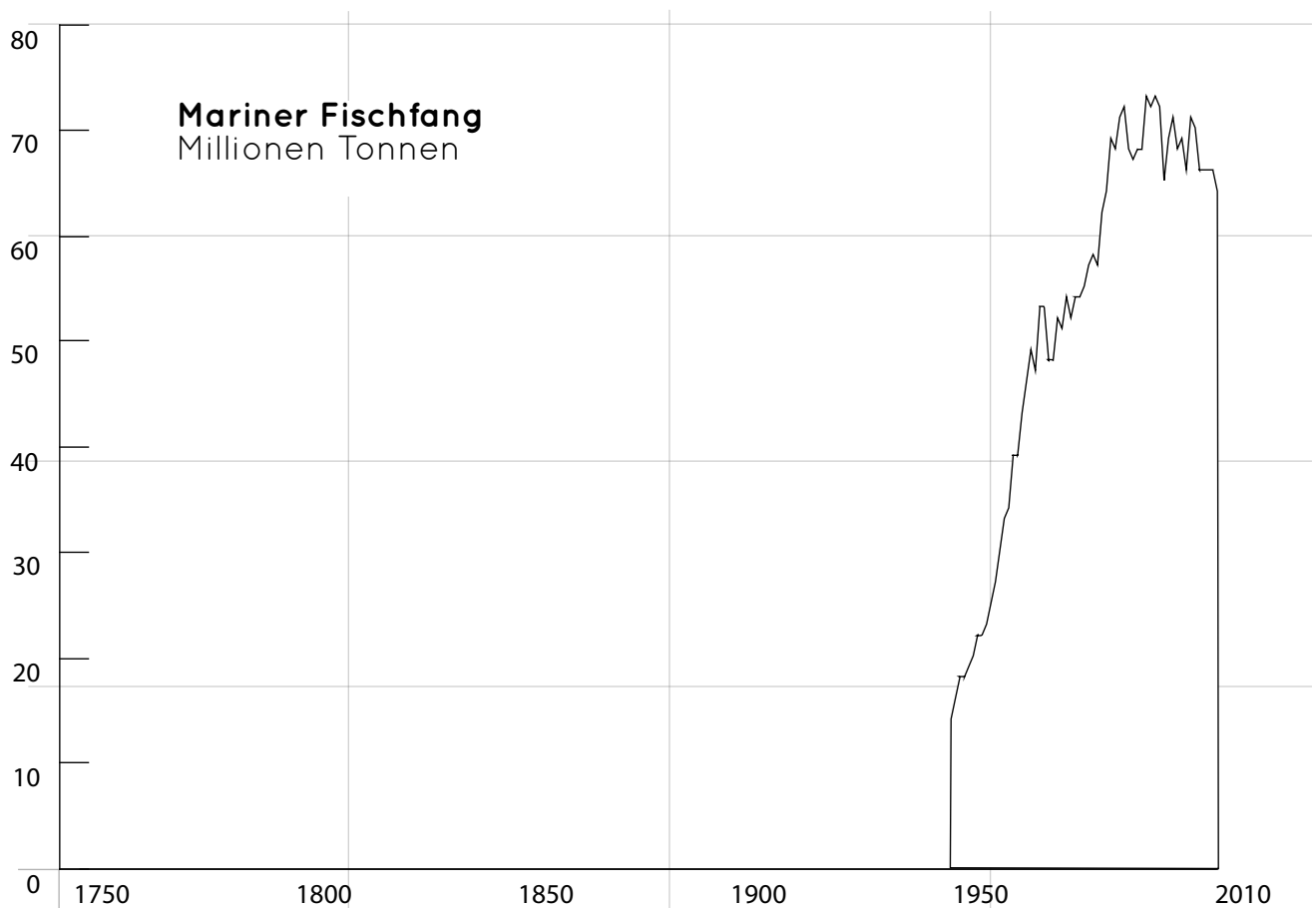
Die Meere sind für Menschen eine wichtige Nahrungsquelle, denn Fische und andere Meeresorganismen sind reich an Proteinen, Fettsäuren, Vitaminen und Mineralien.

Durch moderne Technologien und im Zuge der wirtschaftlichen Globalisierung ist der marine Fischfang zu einem weltumspannenden Wirtschaftssektor geworden, von dem heute etwa 520 Millionen Menschen wirtschaftlich abhängig sind. Das entspricht 8% der Weltbevölkerung. Rund drei Viertel der globalen Fischereiproduktion ist für den direkten menschlichen Verzehr bestimmt, der Rest wird überwiegend zu Fischöl und -mehl vor allem für Aquakulturen und für die Tierfütterung verarbeitet.

Überfischung:

Die Grenzen in der Fischerei werden durch weiterentwickelte technische Methoden zum Auffinden und Fangen von Fischen immer weiter verschoben. In der Hochseefischerei werden heute GPS-gesteuerte Fabriksschiffe (sogenannte Trawler) eingesetzt, um die seltener werdenden großen Fischschwärme aufzuspüren und mit Schleppnetzen zu fangen.

Mittlerweile gelten knapp 90% der globalen kommerziell genutzten Bestände als überfischt oder ausgeschöpft. Überfischung gilt als eine der wichtigsten Ursachen für den Verlust mariner biologischer Vielfalt. Sie gefährdet auch die Ernährungssicherheit in den Küstenregionen, in



denen Menschen von der Kleinfischerei leben.

Historische Entwicklung:

Die Anzahl gefangener Meeresfische stieg in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark an. Die Anlandungen sind von etwa 15 Millionen Tonnen im Jahr 1950 auf über 70 Millionen Tonnen Ende der 1980er Jahre gestiegen. Seither stagnieren die Fänge und gehen sogar leicht zurück. Die Stagnation beruht weniger auf einer nachhaltigen Fischerei, bei der sich Bestände und Fänge in einem Gleich-

gewicht befinden. Vielmehr erfordert der gleiche Ertrag an Fisch einen höheren Fischereiaufwand, der sich seit den 1950er Jahren um 54% gesteigert hat. Die weltweit weiterhin steigende Nachfrage nach Fisch und "Meeresfrüchten" wird in zunehmendem Maße durch Aquakulturen gedeckt.

Quellen:

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2016): The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Rome.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (2013): Welt im Wandel - Menschheitserbe Meer. Berlin: WBGU.

World Wide Fund for Nature - WWF (2013): Faktenblatt: Ozeane in Gefahr - Überfischung. Zürich: WWF Schweiz.

8 GARNELENZUCHT



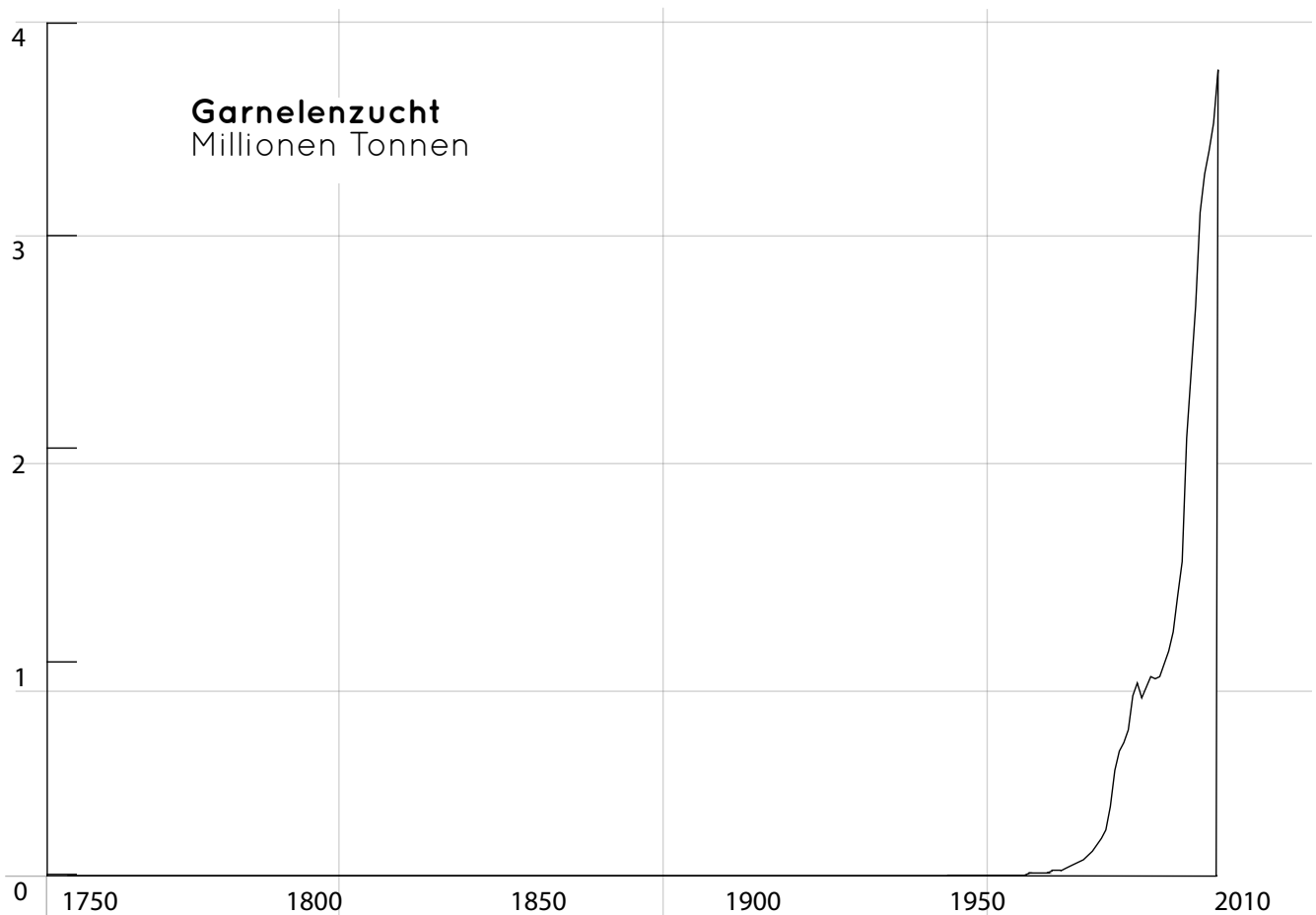
Die Garnelenzucht ist eine Form der Aquakultur, bei der Garnelen (engl. shrimps) für den menschlichen Verzehr herangezogen werden. Heutige Shrimps-Farmen gingen aus traditionellen Zuchtmethoden hervor, die in Südostasien seit mehreren Jahrhunderten bestanden. Besonders geeignet sind Mangrovenwälder an tropischen und subtropischen Küsten, weil Garnelen hier natürlich vorkommen. Heute ist die Garnelenzucht zu einer globalen Industrie geworden, welche die Küsten in verschiedenen Regionen der Erde stark verändert hat. Die größten Standorte befinden sich heute in Asien, wobei China mit Abstand die meisten Garnelen produziert, gefolgt von

Thailand, Vietnam und Indonesien. Aber auch in Lateinamerika wächst die Zahl der Shrimps-Aquakulturen.

Verlust von Mangrovenwäldern:

Mangroven sind salztolerante Pflanzen, die im Tidebereich tropischer und subtropischer Küsten Wälder bilden. Sie bieten vielfältige Ökosystemleistungen wie den Schutz der Küsten vor Stürmen und Erosion oder die Hochwasserkontrolle. Außerdem bieten Mangrovenwälder vielen Tierarten einen Lebensraum und sind als "Kinderstube" für viele (kommerziell genutzte) Fischarten von Bedeutung. Mangrovenwälder sind heute

stärker bedroht als der tropische Regenwald, denn ihre Zerstörung ist prozentual höher als die der tropischen Regenwälder und ihre Vernichtung schreitet schneller voran.



Historische Entwicklung:

Die Aquakultur ist der am schnellsten wachsende tierische Nahrungsmittelsektor.

Der schnelle Anstieg der Garnelenzucht seit den 1980er Jahren ist ein Beispiel für diesen Trend. Heute beruht etwa die Hälfte aller verzehrten Fische und Meeresfrüchte auf Aquakulturen und ermöglicht bei stagnierendem Wildfischfang den weiterhin wachsenden Verzehr von Meerestieren.

Quellen:

Food and Agriculture Organization of the United Nations -FAO (2016): The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Rome.

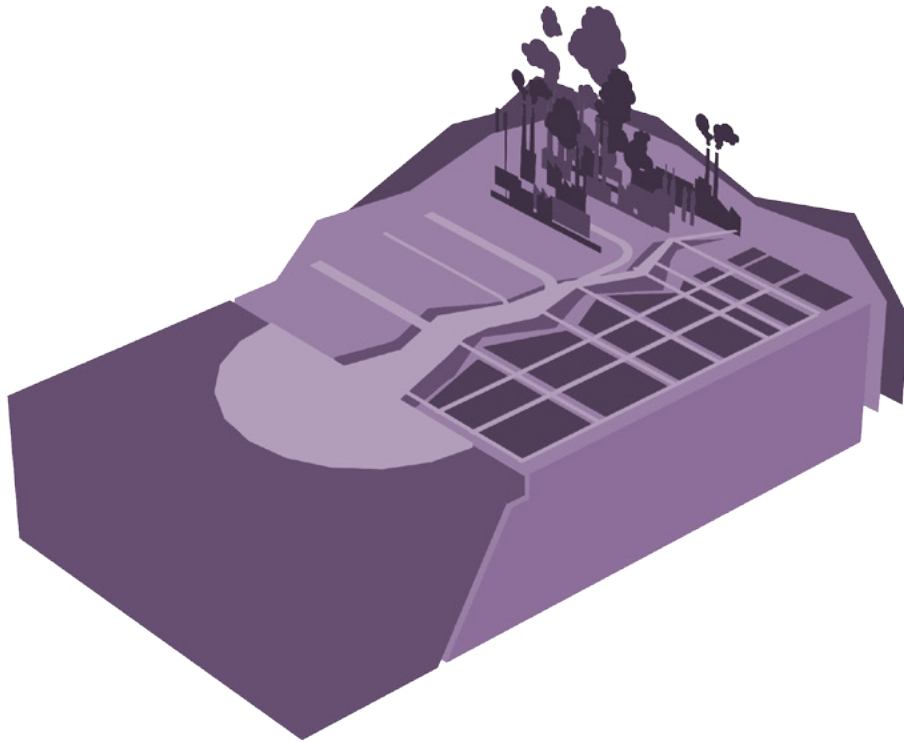
Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (2013): Welt im Wandel - Menschheitserbe Meer. Berlin: WBGU.

World Wide Fund for Nature - WWF (2013): Faktenblatt: Ozeane in Gefahr – Überfischung. Zürich: WWF Schweiz.

9

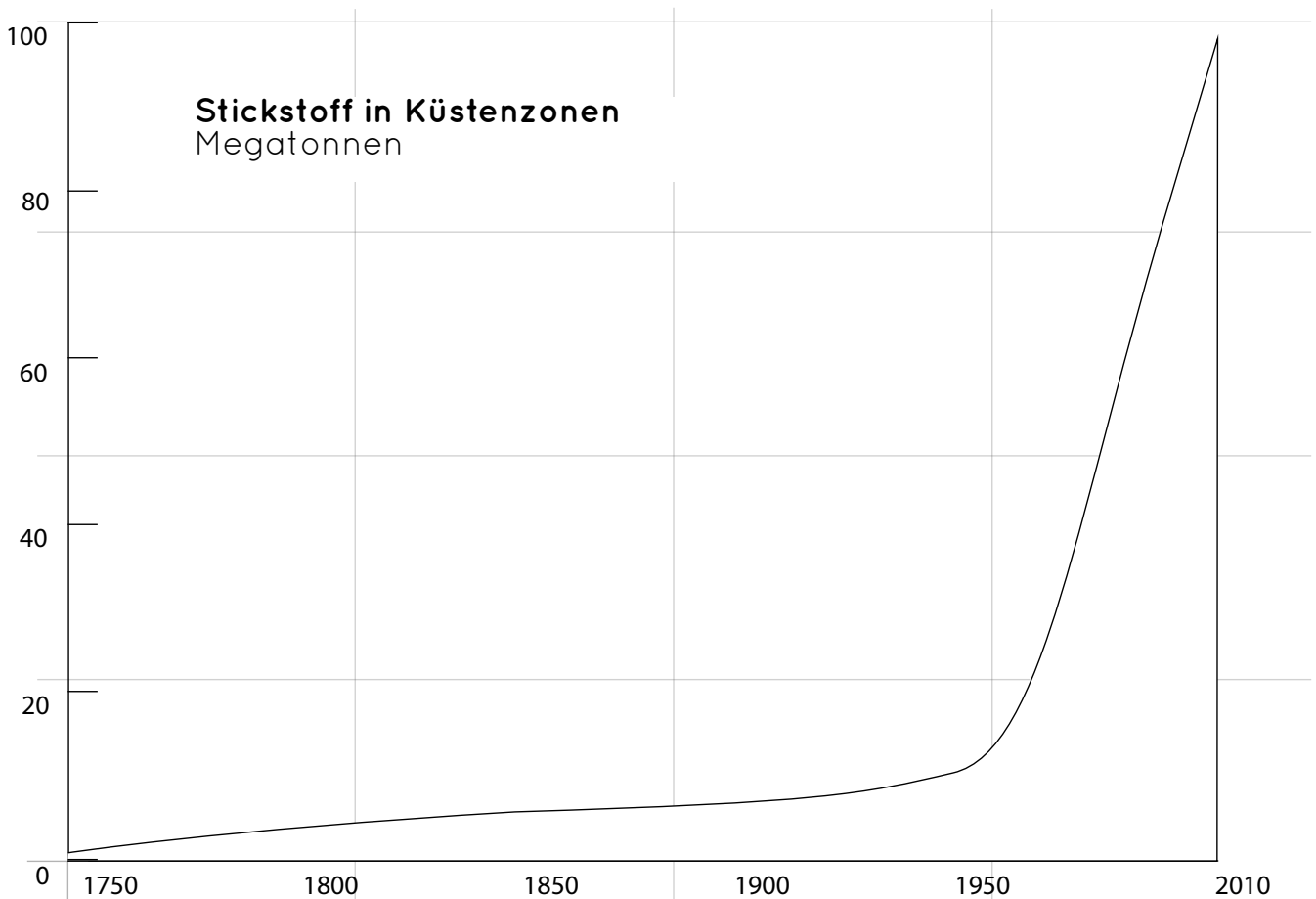
STICKSTOFF IN KÜSTENZONEN



Heute leben knapp 40% aller Menschen weniger als 100 km von der Meeresküste entfernt. Gleichzeitig machen die 100 km breiten Küstenstreifen nur 20% der Landfläche weltweit aus. Während die Küstenzonen besonders stark von Menschen genutzt werden, gehören die Küstengewässer gleichzeitig zu den artenreichsten Ökosystemen der Erde. Etwa 250.000 der bekannten 1,7 Mio. Tier- und Pflanzenarten leben im Meer, vor allem in den Küstengewässern. Küstenfischerei und Tourismus in den Küstenzonen sind Existenzgrundlage für viele Menschen.

Überdüngung führt zu Totzonen:

Vor allem in der industriellen Landwirtschaft wird mit Stickstoff gedüngt. Eine unsachgemäße Handhabung führt dazu, dass viele Nährstoffe nicht von den Pflanzen aufgenommen werden können. Über den Oberflächenabfluss gelangen Stickstoffverbindungen in die Flüsse und schließlich in die Küstengewässer. Dieser erhöhte Nährstoffeintrag führt dazu, dass sich vor allem einzellige Algen (das Phytoplankton) stark vermehren. Großflächige "Algenblüten" sind sogar vom Weltall aus zu erkennen. Bei der Zersetzung abgestorbener Algen durch Bakterien wird der im



Wasser enthaltene Sauerstoff (O) verbraucht. Die so entstehenden anaeroben Bedingungen sind für die meisten marinen Lebewesen tödlich. Die drei größten sogenannten Totzonen befinden sich in der Ostsee, im Schwarzen Meer und im Golf von Mexiko. Die Folgen der Überdüngung sind neben der Fischerei und der Ozeanversauerung eine der größten Bedrohungen für die globale Meeresumwelt.

Historische Entwicklung:

Die Küstenzonen sind besonders betroffen von Stoffen, die in gelöster Form über die Flussmündungen in das Meerwasser gelangen. Der Eintrag von Stickstoff (N) aus menschlichen Aktivitäten in die Küstengewässer stieg nach dem Zweiten Weltkrieg rapide an. Hauptquelle für diese Zufuhr ist die industrielle Landwirtschaft, in der übermäßig mit anorganischen Stickstoffverbindungen gedüngt wird.

Ungeklärte Abwässer sind die zweite große Quelle für die Nährstoffeinträge in die Küstengewässer.

Quellen:

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

Umweltbundesamt (2010): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/meere/nutzung-belastungen/eutrophierung>. Abgerufen: 28.4.2017.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (2013): *Welt im Wandel - Menschheitserbe Meer*. Berlin: WBGU.

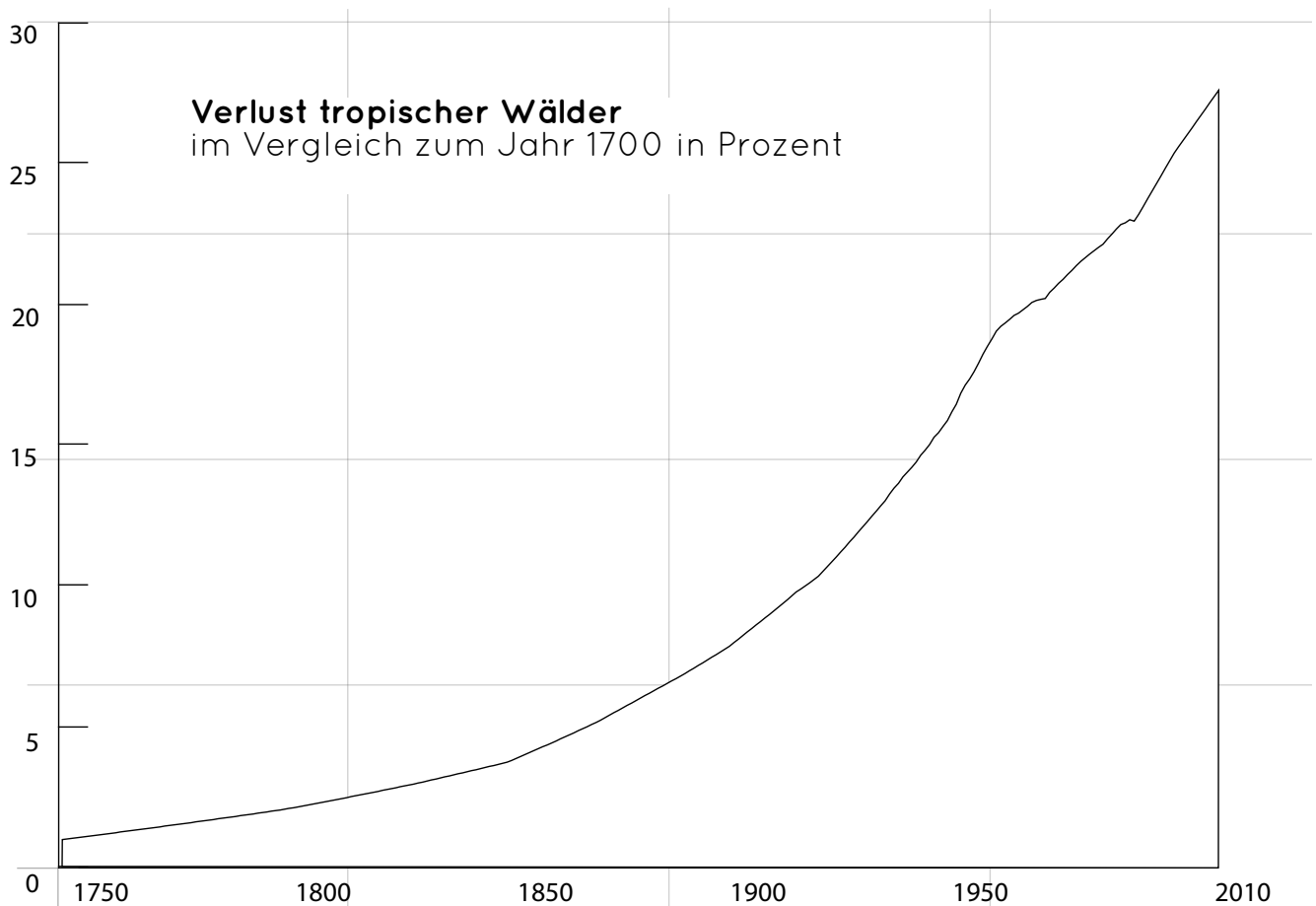
10 VERLUST TROPISCHER WÄLDER



Tropische Wälder machen etwa die Hälfte der gesamten Waldfläche auf der Erde aus und erstrecken sich über die Kontinente entlang des Äquators. Sie gehören zu den produktivsten Ökosystemen und vielfältigsten Lebensräumen der Erde. Je nachdem wie nahe sie dem Äquator sind, unterscheidet man zwischen tropischen Regenwäldern, tropischen Feuchtwäldern und tropischen Trockenwäldern. Vermutlich seit Menschen Landwirtschaft betreiben, also seit über 10.000 Jahren, werden Wälder gerodet. Seit dem neuzeitlichen Kolonialismus und mit der Entwicklung industrieller Produktionsmethoden, hat sich diese Entwicklung auf tropische Wälder ausgeweitet.

Abholzung beschleunigt die globale Erwärmung:

Während ihres Wachstums nehmen Bäume Kohlenstoffdioxid (CO_2) aus der Atmosphäre auf und lagern den Kohlenstoff (C) in ihrem Holz in Form von Zellulose ein. Über die Hälfte allen irdischen Kohlenstoffs ist so in den Wäldern gebunden. Durch das Roden tropischer Wälder wird ein großer Anteil dieses Kohlenstoffs wieder als CO_2 in die Atmosphäre abgegeben. Etwa ein Fünftel der weltweiten menschlichen CO_2 -Emissionen wird durch die Abholzung tropischer Wälder verursacht. Die an die Stelle der Primärwälder tretenden domestizierten Landschaftsräume haben eine deutlich geringere Kohlenstoff-Speicherkapazität. Dies gilt auch



für die Palmölplantagen, die vor allem in Südostasien angelegt werden. Die Abholzung tropischer Wälder ist somit ein entscheidender Antreiber der aktuellen globalen Erwärmung.

Historische Entwicklung:

Der Verlust tropischer Wälder ist einer der Erdsystem-Trends, der sich bereits seit dem Beginn der Industrialisierung rasant entwickelt. Im Vergleich zu 1700 ist bis 2010 über ein Viertel aller tropischen Waldflächen gerodet worden. Dieser Trend bleibt bis heute auf einem hohen Niveau.

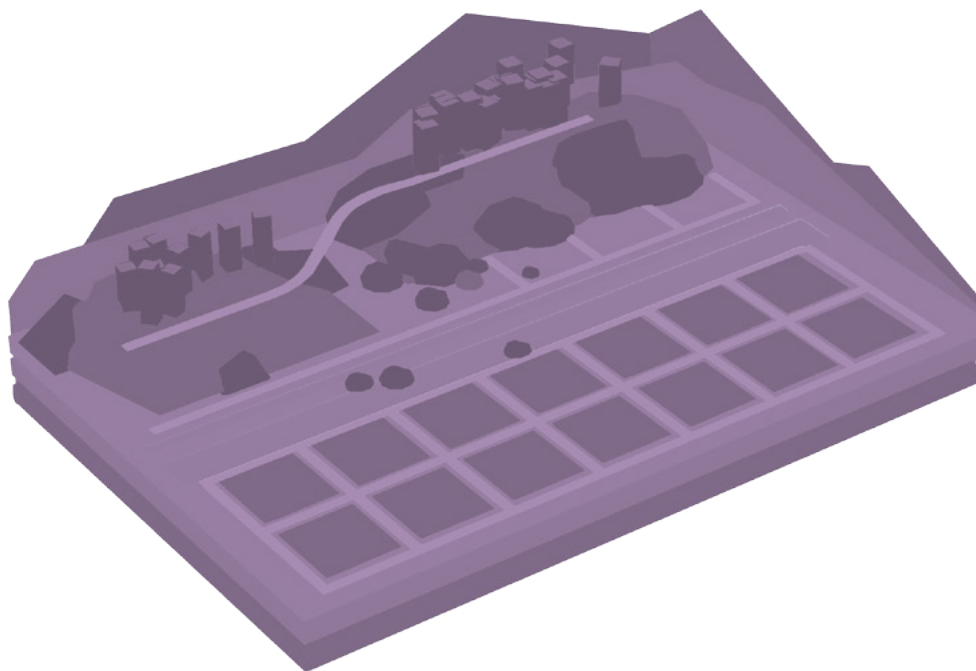
Die wichtigsten Ursachen für die Abholzung sind die Umwandlung in landwirtschaftliches Kulturland, Infrastrukturbauten wie z.B. Staudämme, Straßen oder Schifffahrtswege, die Umwandlung in Holzplantagen und die Gewinnung von "Bodenschätzen". Die landwirtschaftlichen Produkte sind je nach Region Soja (vor allem für Tierfutter), Rindfleisch, Palmöl oder Zuckerrohr.

Quellen:

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98.

World Wide Fund for Nature - WWF (2011): Die Wälder der Welt – Ein Zustandsbericht. WWF Schweiz, WWF Deutschland.

11 DOMESTIZIERTE LANDFLÄCHE



Der Begriff “domestiziertes Land” bezeichnet von Menschen dominierte Landschaftsräume, wie Städte, landwirtschaftliche Anbauflächen und intensiv genutztes Weideland, die aus natürlichen Biomen wie Primärwäldern, Savannen und Graslandschaften hervorgehen. Seit die ersten Menschen vor über 10.000 Jahren begannen, Landwirtschaft zu betreiben und sesshaft zu werden, nimmt der Anteil wilder Ökosysteme ab. Deutschland z.B. besteht heute nur noch zu etwa 0,6% aus Wildnisgebieten, die sich hauptsächlich auf Nationalparks beschränken. Auch die im Allgemeinen als Wald bezeichneten Räume bestehen heute fast ausschließlich aus angelegten Nutzforsten.

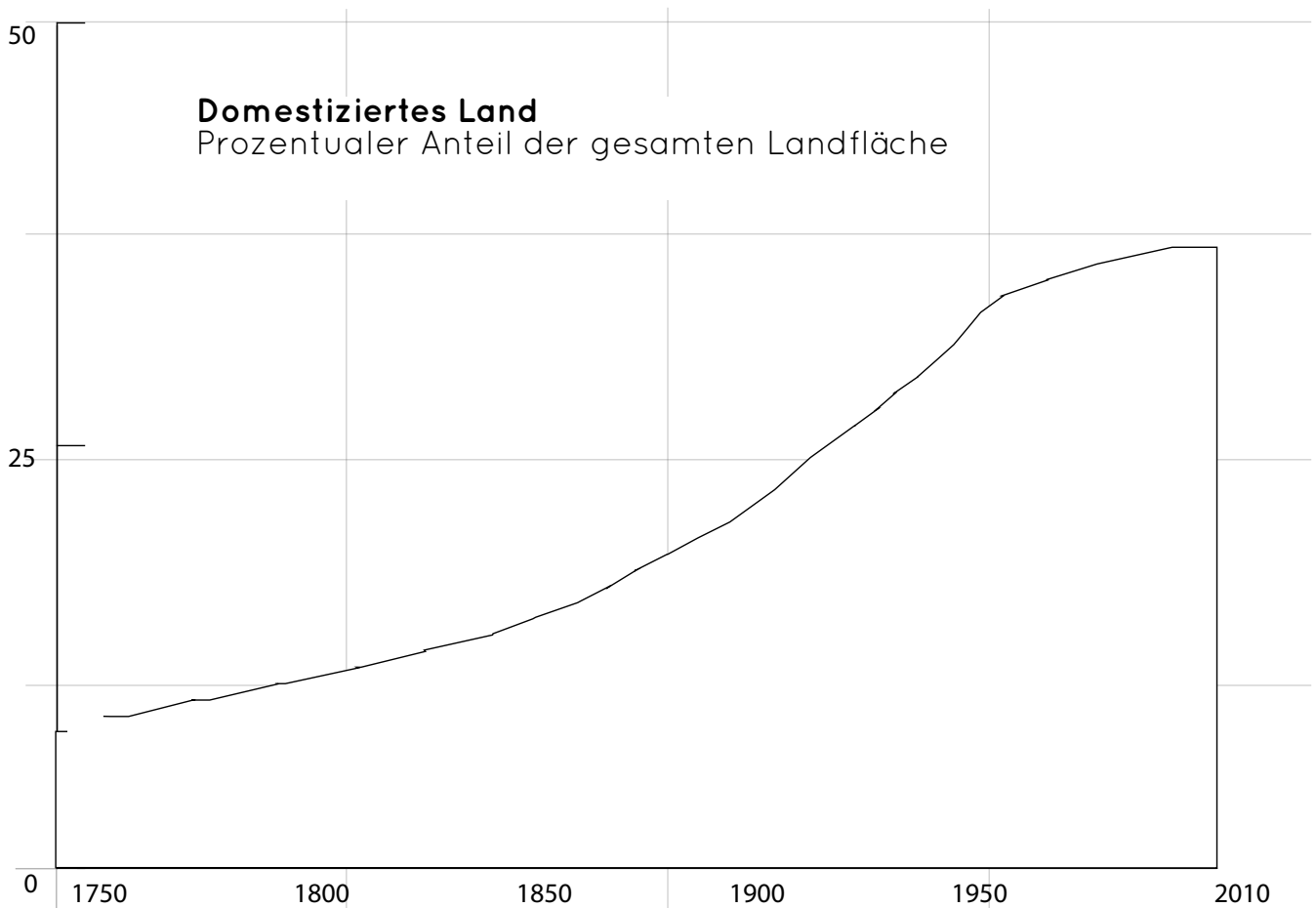
Landnutzungskonflikte:

Neben den materiellen Ressourcen wie Nahrung oder Rohstoffe, sind menschliche Gesellschaften von Ökosystemleistungen abhängig: Wasserhaushalt, Bestäubung, Bodenfruchtbarkeit, Luftreinigung, Küstenschutz sind einige dieser dauerhaft notwendigen Leistungen.

Darüberhinaus haben Tier-, Pflanzen und Pilzarten einen hohen Wert für menschliche Gesellschaften: Ihre genetischen und physiologischen “Baupläne” für die Weiterentwicklung von Nutzpflanzen, zur Sicherung der Welternährung oder für die Medizin- und Technikforschung werden als unverzichtbar eingeschätzt.

Die derzeit weltweit dominierende industrielle Landwirtschaft

steht im Widerspruch zur Erhaltung der Ökosystemleistungen und der biologischen Vielfalt. Eine der Herausforderungen des Anthropozäns sind grundlegende Veränderungen in der großskaligen Nutzung von Land, die dem Erhalt der lebensnotwendigen Ökosystemleistungen verpflichtet sind.



Historische Entwicklung:

Seit 1750 hat sich der Anteil der von Menschen genutzten Landfläche von 8 auf 38% im Jahr 2010 erhöht. Seit den 1960er Jahren verlangsamt sich dieser Trend, was auf die Intensivierung der Landwirtschaft und nicht zuletzt auf ein Schwinden nutzbaren Landes zurückzuführen ist.

In den vergangenen Jahrzehnten bezieht sich die Erschließung neuen Landes in erster Linie auf tropische Wälder, die letzten übrig gebliebenen wilden und

landwirtschaftlich nutzbaren Landflächen der Erde.

Quellen:

MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005c): Ecosystems and Human Well-Being. Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen - WBGU (2011): Hauptgutachten. *Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Berlin: WBGU.

12 ARTENSTERBEN



Artensterben ist ein natürlicher Prozess, der auch ohne das Zutun des Menschen abläuft. Auch sogenannte Massenaussterben gab es in der Erdgeschichte, bevor Menschen den Planeten betraten.

Die paläontologische Forschung konnte bis heute fünf große Massensterben in der Erdgeschichte rekonstruieren.

Das erste ereignete sich vor etwa 2,3 Milliarden Jahren, als die Atmosphäre erstmals mit Sauerstoff angereichert wurde, und die bis dahin weitgehend anaerobe Lebewelt ausstarb. Die anderen vier Massensterben fanden alle im Phanerozoikum, dem jüngsten und bis heute andauernden Äon der Erdgeschichte statt. Das wohl berühmteste ereignete sich vor ca. 66 Millionen Jahren, als etwa

die Hälfte aller Tierarten ausstarben, darunter mit Ausnahme der Vögel auch die Dinosaurier.

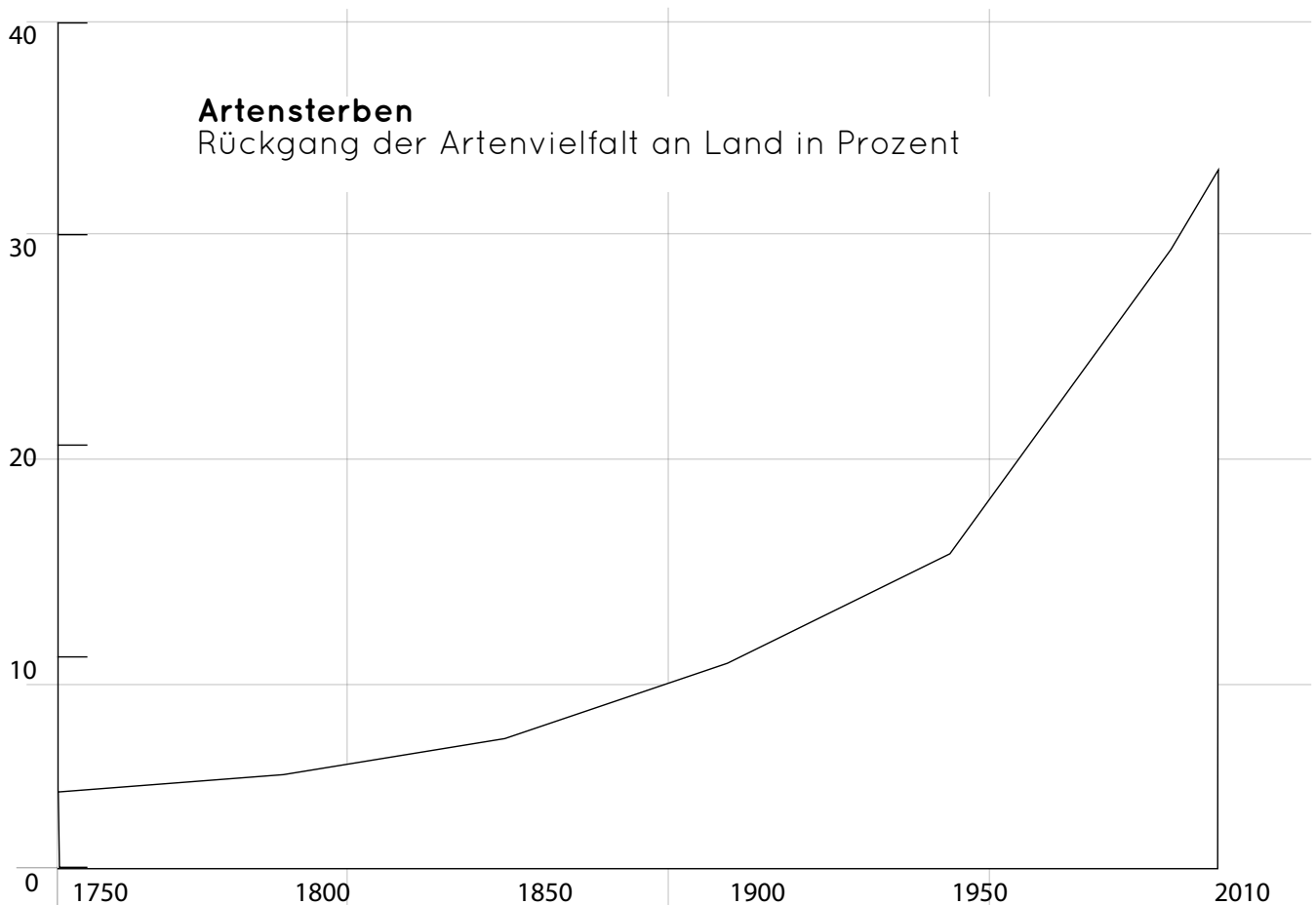
Ein sechstes Massenaussterben?

Biodiversität – also die Vielfalt von Arten, Lebensräumen und auch Genen – ist ein Ausdruck des Gesundheitszustands des Planeten Erde. Je größer die biologische Vielfalt ist, desto stabiler und gesünder sind Ökosysteme. Alle 23 der in diesem Dossier illustrierten Trends stellen in ihrer Gesamtheit sowie Verflechtung von Ursachen und Wirkungen die Entwicklungen dar, die für ein beginnendes sechstes Massensterben verantwortlich sind. Landnutzungsveränderungen, allen voran die Umwandlung

von natürlichen Ökosystemen in industrielle Agrarräume und urbane Regionen, gelten als der wichtigste Grund für das Aussterben von Arten.

Klimawandel und Artensterben:

Die Globale Erwärmung ist eine wachsende Bedrohung für die Artenvielfalt, da die Geschwindigkeit der Klimaveränderungen nicht der Geschwindigkeit von evolutionären Anpassungen entspricht. Der Klimawandel zwingt einige Arten dazu, in Gebiete auszuweichen, in denen für sie geeignete Temperaturen herrschen. Mitunter sind Temperaturveränderungen auch Impulsgeber für verändertes Wanderungs- und Reproduk-



tionsverhalten, beispielsweise bei Vögeln. Fortpflanzungssignale kommen dann gegebenenfalls zur Unzeit, wenn z. B. die nötige Nahrung für den Nachwuchs in einem Lebensraum noch fehlt oder von anderen Tieren aufgezehrt wurde.

Historische Entwicklung:

Die Ausbreitungsgeschichte der Menschheit ist auch eine Geschichte des Aussterbens. Immer wenn Menschen neue Kontinente oder Inseln besiedelten, schwanden kurz darauf die Arten. Vor Beginn der Neuzeit betraf dies vor allem die sogenannte Megafauna, also große Tierarten, wie z.B. Mammut oder Säbelzahnkatze.

Die heutige Aussterberate betrifft neben dieser Megafauna auch weitere Tier-, Pflanzen- und Pilzarten sowie Mikroorganismen. Nach aktuellen Schätzungen übersteigt die derzeitige

durch menschliches Handeln verursachte Aussterberate die natürliche um den Faktor 100 bis 1000.

Quellen:

Niebert, K., Kalisch, J. (2017): Artenvielfalt - Alles im Gleichgewicht? Infografik der Movum-Ausgabe 4/2017. Abrufbar unter <http://movum.de>.

Rockström, J. et al. (2009): A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7), 472–475.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98.

IMPRESSUM

IM AUFTRAG DER BUNDESZENTRALE FÜR POLITISCHE BILDUNG

Konzeption und Text:

Mathis Kückens

Universität Zürich

Anthropocene Learning Lab (<http://anthropocene.education>)

Konzeption und Visualisierung:

Silke Albrecht

Alexander Partl

thinkingparticles.de

Idee und Redaktion:

Caroline Seige (BpB)

Tobias Asmuth

asmuth-journalist.de

HINWEISE ZUR VERWENDUNG

Sie können die Grafiken und Texte unter den Bedingungen der Creative Commons-Lizenz by-nc-nd/3.0 verwenden. Sie dürfen in diesem Rahmen die Grafiken und Texte z.B. vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen - z.B. im Schulunterricht, auf Ihrer Internetseite oder anderen Publikationen.

Beachten Sie dabei jedoch:

- Sie müssen die Namen der Autor*innen und des Rechteinhabers ("Bundeszentrale für politische Bildung, www.bpb.de) nennen.
- Die Quellen der jeweiligen Themen müssen immer mit angegeben werden.
- Sie dürfen die Grafiken und Texte nicht für kommerzielle Zwecke verwenden.
- Sie dürfen die Grafiken und die Texte nicht bearbeiten, abwandeln oder in anderer Weise verändern.



