

„ Wenn das Wasser zur Neige geht, beginnen die Kämpfe. Zunächst zwischen Nachbarn, dann zwischen Stadtvierteln. Am Ende wird daraus ein Krieg – ums Wasser.“

General a. D. Luis Palomino Rodriguez,
ehemaliger Offizier der peruanischen Armee



Blättern Sie im ausliegenden Buch:

Je zwei zu verschiedenen Zeiten vom selben Standort aus aufgenommene Fotos zeigen, wie stark Gletscher im Zuge der Erderwärmung abgeschmolzen sind.

Weltweit schmelzen Gebirgsgletscher

Zu den sichtbarsten Auswirkungen des Klimawandels gehört der Rückgang der Gebirgsgletscher. Als Faustregel gilt: Bei einer Erwärmung um 1°C steigt die Schneefallgrenze um 150 Höhenmeter an und die Gletscherzunge zieht sich um (mindestens) 150 Höhenmeter zurück (Abb. 1). Hier ein paar Fakten:

- ▶ In den Alpen ist seit dem Gletschermaximum von 1850 bis zum Jahr 2012 etwa die Hälfte der Gletscherfläche abgeschmolzen.
- ▶ Die Gletscher befinden sich nicht im Gleichgewicht mit der gegenwärtigen Erwärmung - auch ohne weitere Erwärmung würden sie weiter zurückschmelzen, bei anhaltendem Klimawandel bis weit hinter das bisherige nacheiszeitliche Minimum.
- ▶ Die Eisdicke der beobachteten Gletscher nimmt weltweit jährlich um einen halben bis einen Meter ab, das ist zwei- bis dreimal so viel wie im Jahresdurchschnitt des 20. Jahrhunderts.
- ▶ Würden alle Gletscher der Erde außerhalb Grönlands und der Antarktis abschmelzen, würde dies den Meeresspiegel um 0,5 m ansteigen lassen.



Abb. 1: Blick auf die Gletscherzunge der Pasterze, des längsten Gletschers Österreichs.

Der Gletscher liegt heute über 200 Höhenmeter tiefer als noch um 1850. Damals reichte er bis an den abgebildeten Aussichtspunkt Franz-Josephs-Höhe heran. Im Jahr 1963 wurde, dem schwindenden Gletscher folgend, eine Seilbahn errichtet, die aber auch schon lange nicht mehr bis zum Gletscher hinabreicht.

Foto: Bareis

Nahfolgen der Gletscherschmelze

Das verstärkte Abschmelzen lässt zwischen dem vom Gletscher an seinem früheren Ende abgelagerten Gesteinsschutt, dem Endmoränenwall, und dem zurückweichenden Gletscherende Gletscherseen entstehen oder wachsen. Hält der Endmoränenwall dem steigenden Wasserdruck nicht mehr stand, läuft der See aus. Im Jahr 2002 zählte man allein in Nepal und Bhutan fast 5.000 Gletscherseen, überwiegend sind diese in den letzten 50 Jahren entstanden (Abb. 2). Von diesen Seen gelten 44 als auslaufgefährdet. Schon zwischen 1985 und 1995 haben dort 17 größere Gletscherseen ihre Wälle durchbrochen, es kam zu 15 m hohen Flutwellen und Verlusten an Menschenleben.

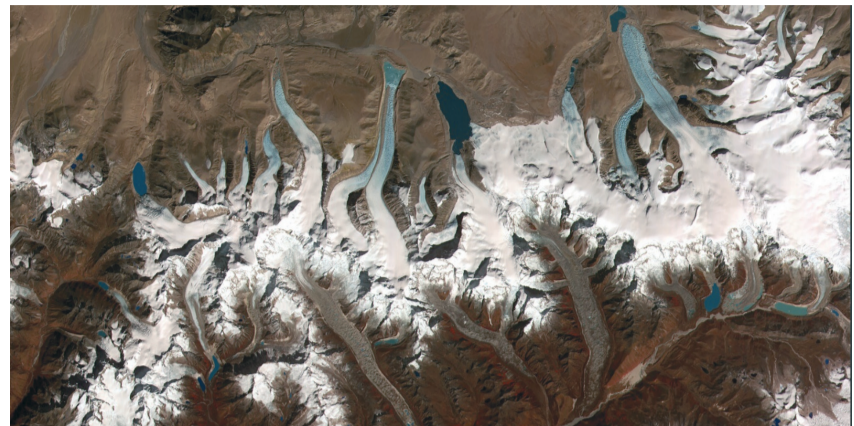


Abb. 2: Gletscher und Gletscherseen in Bhutan. Dieses Bild der NASA zeigt die Bildung zahlreicher Gletscherseen am Endpunkt der sich zurückziehenden Gletscher in Bhutan im Himalaya.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Glacial_lakes%2C_Bhutan.jpg



Taut das Eis an den für Gletschertäler typischen übersteilen Hängen weg, drohen Rutschungen. Da die Frostgrenze ansteigt, tauen auch bisher ganzjährig gefrorene Felsregionen auf, der Wechsel von Frost und Wärme sprengt Felsen und erhöht die Gefahr von Fels- und Bergstürzen (Abb. 3).

Abb. 3: Felssturz in einem ehemals von Gletschern ausgefüllten Tal. Foto: Bareis

Fernfolgen der Gletscherschmelze

In der peruanischen Hauptstadt Lima und ihren Vorstädten leben mehr als acht Millionen Menschen mitten in der Wüste. Gespeist wird ihre Wasserversorgung von Gletschern in den Anden, die schon in zwei Jahrzehnten verschwunden sein können. Woher soll die Bevölkerung Limas dann das Wasser nehmen? Wird man gewaltsame Konflikte ums Wasser verhindern können?

Bis zur Jahrhundertwende werden je nach Umfang des Klimaschutzes 15 bis 85% des globalen Gletschereisvolumens abschmelzen. Weil dann weniger Wasser in Schneedecken und Gletschern gespeichert ist, sinkt die Verfügbarkeit von Wasser in Regionen, in denen mehr als ein Sechstel der Weltbevölkerung lebt.



Gefahr durch einen Gletschersee – Saúl Luciano klagt gegen die RWE

Abb. 4: Saúl Luciano.

Quelle: Germanwatch. https://www.betterplace.org/de/projects/35937-saul-gegen-rwe-fur-die-menschen-in-huaraz-und-globale-klimagerechtigkeit?utm_source=project_widget&utm_medium=project_35937&utm_campaign=widget

Der Fall könnte für den Klimaschutz weltweite Bedeutung bekommen: Saúl Luciano Liuya – Andenbauer und Bergführer aus Peru – klagt, unterstützt von der Nichtregierungsorganisation Germanwatch, gegen den Stromkonzern RWE. Saúl und bis zu 50.000 Bewohnern der Andenstadt Huaraz droht durch das Ausbrechen eines Gletschersees eine verheerende Flutkatastrophe. Ein großer, sicherer Damm mit reguliertem Auslauf soll die drohende Sturzflut verhindern. Da die RWE, größte CO₂-Emittentin Europas, für etwa 0,5% aller weltweit bisher von Menschen verursachten CO₂-Emissionen verantwortlich ist, solle sie auch ein halbes Prozent der notwendigen Schutzmaßnahmen bezahlen. Die RWE leugnet bisher das von mehreren Wissenschaftlern festgestellte Flutrisiko und weist jede Verantwortlichkeit zurück. Saúl Luciano will notfalls durch alle Instanzen gehen.

Fazit:

Weltweit schmelzen fast überall die Gebirgsgletscher. Dabei sich bildende Gletscherseen können ausbrechen und die talabwärts lebende Bevölkerung gefährden. Durch das Ansteigen der Frostgrenze wächst die Gefahr von Bergstürzen. In Trockengebieten wird nach dem Abschmelzen der Gletscher Trink- und Bewässerungswasser fehlen, was zu Unruhen führen und die Kriegsgefahr in und zwischen Staaten erhöhen kann.



“ Die Polarregion ist unser Frühwarnsystem, dort zeigen sich Klimaeffekte zuerst. “
Lars Kaleschke, Uni Hamburg in: Süddeutsche Zeitung, 29.12.2012

Versuch: Eisberg im Wasserglas

Betrachten Sie das randvolle Wassergefäß mit dem Eiswürfel. Wird es überlaufen, wenn das Eis weiter schmilzt?

Das Meereis schwindet

Das wenige Meter dicke Eis des arktischen Ozeans ist eine Fläche, die im Sommer schrumpft, im Winter wächst und die zusätzlich über die Jahre abnimmt (Abb. 1).

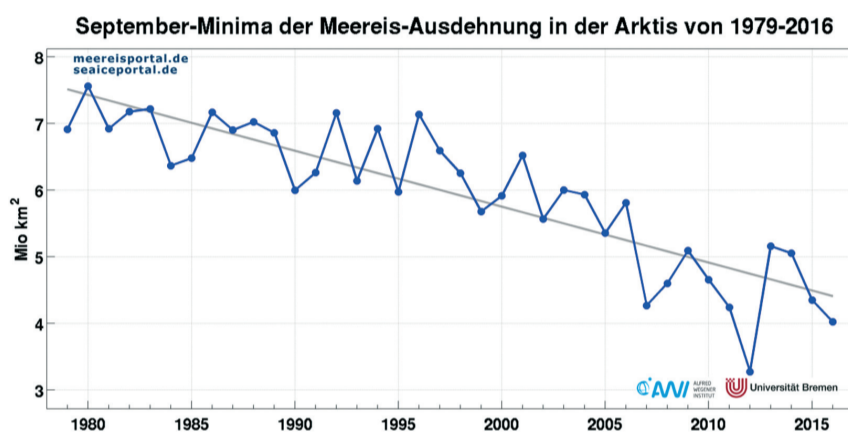


Abb. 1: Sommerliches Meereisminimum der Jahre 1979-2016. Quelle: Meereisportal <http://www.meereisportal.de/archiv/2016-kurzmeldungen-gesamttexte/arktisches-meereis-auf-dem-rueckzug/#c7333>

Viele Klimamodelle können dieses rasche Schwinden nicht wiedergeben, sind also zu konservativ. Realitätsnahe Klimamodelle zeigen bei weiter ansteigendem CO₂-Ausstoß noch vor der Jahrhundertmitte einen im September nahezu eisfreien Ozean. Das Schwinden des Meereises wird erhebliche ökologische Folgen haben (Station 15). Schmilzt das Meereis, tritt dunkles Meerwasser zutage, Sonnenlicht wird weniger reflektiert, und es wird noch wärmer (Station 5). Der Verlust von Meereis ist also sowohl Folge als auch Ursache der erhöhten Temperaturen in der Arktis. Ein solches Schmelzen hat unmittelbar keine Auswirkungen auf die Höhe des Meeresspiegels. Dies ist nicht anders als beim Wasserglas, das auch nicht überläuft, wenn der Eiswürfel schmilzt.

Auch die Eismassen Grönlands schmelzen immer schneller

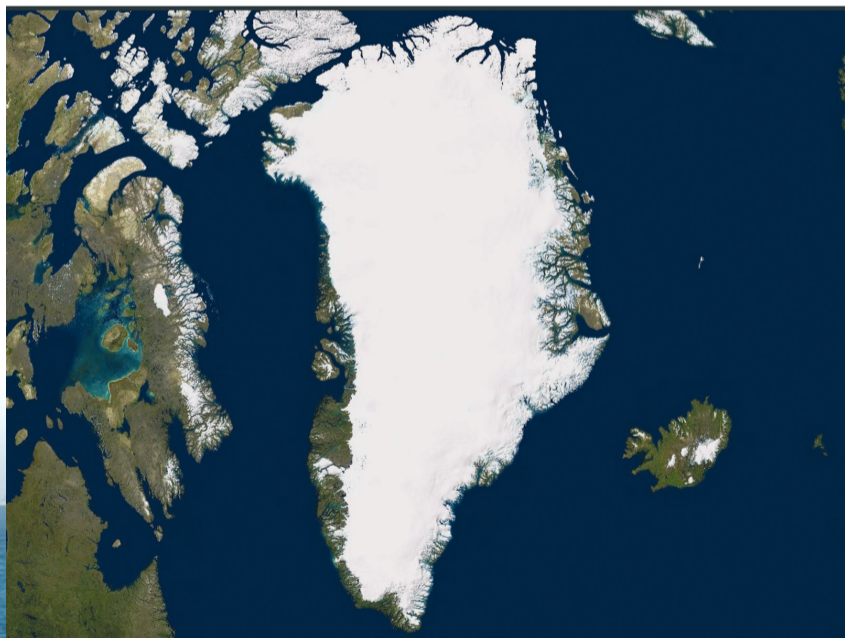


Abb. 2: Grönland: Satellitenbild. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/Greenland_42.74746W_71.57394N.jpg

Der Grönländische Eisschild (Abb. 2 und 3) hat allein zwischen den Jahren 2003 und 2010 doppelt so viel Masse verloren wie im gesamten 20. Jahrhundert. Hier treten drei verstärkende Rückkopplungen auf:

- ▶ **Albedoeffekt:** Taut eine dichte Schneedecke auch nur vorübergehend und gefriert nachts wieder, reflektiert das überfrorene Weiß nur noch 50 bis 60 Prozent der Sonnenstrahlung statt der ursprünglichen 85 Prozent und absorbiert entsprechend mehr, dadurch wird es noch wärmer. Ruß und Staub auf dem Eis verstärken diesen Effekt.
- ▶ Taut Eis, kann das Schmelzwasser bis zum Untergrund vordringen und dort als Schmiermittel das Fließen des Gletschers beschleunigen.
- ▶ Gelangt die Gletscheroberfläche durch Abschmelzen oder Abfließen in tiefere, wärmere Luftschichten, beschleunigt sich das Abschmelzen weiter.



Abb. 3: Der Grönländische Eisschild zieht sich immer weiter zurück.

Foto: Hans Bernhard/Wikimedia Commons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:South_coast_of_Greenland_03.jpg

Übersteigt die globale Erwärmung anhaltend einen Schwellenwert im Bereich von über einem, aber unter vier Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit, wird der grönländische Eisschild im Laufe eines Jahrtausends oder länger nahezu vollständig abschmelzen. Der Meeresspiegel würde allein dadurch um bis zu sieben Meter steigen.

Ein besonderes Problem stellt das Auftauen des seit der letzten Eiszeit gefrorenen Untergrunds in den arktischen Dauerfrostgebieten dar. Dadurch können große Mengen von bisher eingefrorenem Methan und CO₂ entweichen (Station 20).

Grönland war im Mittelalter nicht eisfrei

Manche Klimaskeptiker behaupten, Grönland (»Grünland«) sei im Mittelalter weitgehend eisfrei gewesen. Das ist Unsinn: Sonst wäre Venedig wie alle anderen Küstenstädte bei knapp sieben Meter höherem Meeresspiegel im Meer versunken. Das wäre der Geschichtsschreibung wohl kaum entgangen.

Fazit:

Das Abschmelzen des arktischen Meereises beschleunigt die Erderwärmung, trägt aber nicht direkt zum Anstieg des Meeresspiegels bei. Dagegen steigt dieser um sieben Meter, falls die Eismassen Grönlands abschmelzen sollten. Dieser Prozess könnte schon bei einer globalen Erwärmung um zwei Grad unumkehrbar in Gang kommen. Ein Abschmelzen des westantarktischen Eisschildes ließe den Meeresspiegel mindestens um weitere drei Meter ansteigen.



„ Aus wissenschaftlicher Sicht deutet nichts auf eine kurz bevorstehende drastische Strömungsänderung hin, ein solches Szenario muss als sehr unwahrscheinlich gelten. Auf längere Sicht und bei starker weiterer Klimaerwärmung – etwa ab der Mitte dieses Jahrhunderts – kann dies jedoch zu einer ernsthaften Gefahr werden.

Stefan Rahmstorf, Klimaforscher



Versuch mit einer Wachslampe:

Betrachten Sie die Lampe! Wachs steigt in dieser auf und ab. Unten befindet sich eine Heizquelle. Das am Grund der Lampe befindliche Wachs dehnt sich erwärmungsbedingt aus, seine Dichte verringert sich und es steigt auf. Dabei kühlt es ab, seine Dichte nimmt wieder zu und es sinkt zurück auf den Grund (Abb. 14.1).



Abb. 14.1: Wachslampe.

Die Zirkulation in dieser Lampe funktioniert nach ähnlichen Mechanismen wie der Nordatlantikstrom. Insbesondere spielen temperaturabhängige Dichteunterschiede eine wichtige Rolle.
Foto: Bareis

Der Nordatlantikstrom

Der umgangssprachlich als Golfstrom bezeichnete **Nordatlantikstrom** bewegt fast hundert Mal so viel Wasser wie der Amazonas und funktioniert für die nördlichen Breiten wie eine **Zentralheizung**. Weil in der Arktis Wasser mit höherer Dichte in die Tiefe des Ozeans hinabsinkt, strömt tropisches **Warmwasser** polwärts nach (Abb. 14.2). Gründe für die höhere Dichte des arktischen Wassers sind:

- ▶ Das Ozeanwasser hat sich auf seinem Weg nach Norden abgekühlt.
- ▶ Sein Salzgehalt hat sich erhöht, weil unterwegs Wasser verdunstet ist.



Abb. 14.2: Schema der Atlantikströmungen (stark vereinfacht). In Rot die relativ warme Oberflächenströmung, in Blau die kalte Tiefenströmung. Der nordwärtige Oberflächenstrom und der südwärtige Tiefenstrom ergeben zusammen die Umwälzbewegung des Atlantiks, populär auch als Golfstromsystem bekannt. Grafik: S. Rahmstorf (Nature 1997), Creative Commons BY-SA 4.0.
<http://scilogs.spektrum.de/kimalounge/die-unterschaetzte-gefahr-eines-versiegens-des-golfstromsystems/>

Der Nordatlantikstrom wird sich abschwächen

Wird es in der Polarregion wärmer, verdünnen Schmelzwasser aus Grönland und verstärkte Niederschläge das Meerwasser im Nordatlantik, das sich zudem erwärmungsbedingt ausdehnt. Beides erschwert das Absinken und damit das Nachströmen von warmem Wasser aus südlicheren Breiten. Der IPCC urteilt, dass der Nordatlantikstrom sehr wahrscheinlich im 21. Jahrhundert schwächer werden wird. Manche Experten halten schon bei einer Erwärmung von 2°C - 4°C noch in diesem Jahrhundert einen Kollaps des Nordatlantikstroms für möglich. Schon mehrmals in der Vergangenheit, z. B. vor etwa 8200 Jahren, schwächte sich der Nordatlantikstrom deutlich ab oder kam zum Erliegen. Ursache war die nacheiszeitliche Eisschmelze.

Ein abrupter Meeresspiegelanstieg?

Sollte der Nordatlantikstrom jemals zum Erliegen kommen, wäre mit Folgendem zu rechnen:

- ▶ Der Nordatlantikraum würde rasch um mehrere Grad abkühlen, Szenarien einer **Eiszeit für Europa** sind dabei **unrealistisch**. Die Südhalbkugel würde sich stärker erwärmen.
- ▶ Der **Meeresspiegel** im Nordatlantik würde aufgrund der veränderten Strömungsverhältnisse **umgehend um bis zu einem Meter steigen**.
- ▶ Die **Nährstoffversorgung** des nördlichen Atlantiks, der zu den ertragreichsten Fischgründen der Erde gehört, dürfte sich verschlechtern, weil das Wasser weniger mit nährstoffreichem Tiefenwasser durchmischt würde.
- ▶ Der Ozean würde **weniger Kohlendioxid aufnehmen**, was den Treibhauseffekt verstärken würde.

Fazit:

Der Europa wärmende Nordatlantikstrom wird sich im 21. Jahrhundert sehr wahrscheinlich **abschwächen**, was erhebliche Folgen u. a. für den Meeresspiegel, maritime Ökosysteme und die Fischerei haben kann. Manche Experten halten es für möglich, dass der Nordatlantikstrom in diesem Zeitraum sogar zum Erliegen kommt. Szenarien einer Eiszeit für Europa sind **unrealistisch**.



„Meereis hat den Eisbären zu dem gemacht, was er ist. Und ohne dieses Eis wird er aufhören zu existieren.“

Michael Engelhard, Eisbärenkenner

Wissenswertes über Eisbären

Der Eisbär ist das größte Landraubtier auf der Erde (Abb. 1). Das dicke weiße, ölige Fell tarnt, weist Wasser ab und isoliert auch dank hohler Haare sehr gut. Deshalb können die erwachsenen Tiere auch längere Strecken schwimmen, ohne auszukühlen. Die Jungen werden im Winter in Höhlen zur Welt gebracht (Abb. 2 und 3). Als Nahrung dienen den nomadisch lebenden Raubtieren vor allem Robben, denen sie an Eislöchern auflauern. Um größere Tiere an Land oder schwimmend zu jagen, ist der Eisbär nicht flink genug.



Abb. 1: Eisbär in Kanada
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Polar_Bear_2004-11-15.jpg



Abb. 2: Junge Eisbären in einer Schneehöhle.
Foto: U.S. Fish and Wildlife Service, public domain. http://digitalmedia.fws.gov/FullRes/natdigi/b/5165071314_2338c79544_b.jpg

Probleme bei der Nahrungsbeschaffung:

Schrumpft das Packeis der Arktis, wird der für Eisbären geeignete Lebensraum räumlich und zeitlich stark eingeschränkt: In den 35 Jahren von 1979 bis 2014 hat sich der Zeitraum, in dem die Raubtiere auf dem Eis leben können, laut einer Studie um sieben Wochen verkürzt. Die Eisbären können sich dadurch für den Winter häufig nicht genug Fettreserven anfressen. Bricht das Eis früher im Jahr auf, können Eisbären auf Eisseln gefangen sein, die sie nur verlassen können, indem sie lange Strecken schwimmend zurücklegen, eine kraftraubende Fortbewegungsart mit ungewissem Ziel. Auch können Winterquartiere von den Nahrungsquellen abgeschnitten werden. Da Bärenjungen noch keine großen Strecken schwimmen können, verhungern sie dann.



Abb. 3: Junger Eisbär

Fazit: Wie bedroht ist der Eisbär?

Der Eisbär steht seit dem Jahr 2006 als gefährdete Tierart auf der Roten Liste der IUCN. Durch die fortschreitende globale Erwärmung dürfte sich dieser Zustand weiter verschlechtern. Sollte das Meereis im Sommer komplett verschwinden, ist das Überleben des Eisbären fraglich. Neben dem Eisbären sind auch viele andere Tier- und Pflanzenarten der Arktis vom Klimawandel bedroht.



„Wann in der Geschichte mussten wir darüber entscheiden, ganze Länder verschwinden zu lassen?“

Ein Vertreter Tuvalus im Namen von 43 Inselstaaten auf der UN-Klimakonferenz von Nairobi 2006.



Der Meeresspiegelanstieg in den letzten Jahrtausenden

Die erste schriftliche Überlieferung der Menschheit (das Gilgamesch-Epos), die Bibel und Mythen vieler anderer Völker erzählen von der zerstörerischen Gewalt großer Fluten. Hintergrund könnte der Anstieg des Meeresspiegels um etwa 125 m seit dem Höhepunkt der letzten Eiszeit vor 20.000 Jahren sein, als das Klima global ca. 4 bis 7°C kälter war. Pro Jahrhundert stieg die Flut um bis zu vier Meter.

In den letzten zwei Jahrtausenden blieb der Meeresspiegel fast konstant. Wenn er jetzt erneut ansteigt, ist der Mensch nicht mehr nur Opfer, sondern auch Verursacher der Fluten (Abb. 1). Die Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs hat sich im Zeitraum zwischen 1993 und 2010 mit 3,2 mm pro Jahr im Vergleich zum 20. Jahrhundert fast verdoppelt. Ursachen sind die thermische Ausdehnung des Ozeanwassers, das Abschmelzen der Gletscher, des Grönländischen und des Antarktischen Eisschildes sowie das Abpumpen von Grundwasser zur Bewässerung im globalen Maßstab.



Abb. 1: Venedig: Hochwasser am Markusplatz.

Die einstige Seehandelsmetropole wurde auf instabilen Sandbänken in einer Meeresbucht gegründet, was Venedig vor Angriffen vom Festland schützte. Die Stadt zieht pro Jahr geschätzte 30 Millionen Touristen an. Heute dringt doppelt so häufig Hochwasser mit einem Pegelstand von mehr als 1,1 m in die Stadt ein als noch vor 40 Jahren. Verantwortlich für das Hochwasser sind die Venezianer zum Teil selbst. Der mit der globalen Erwärmung verbundene Meeresspiegelanstieg verschärft das Problem (vgl. Station 23).
Foto: Bareis

Der zukünftige Anstieg des Meeresspiegels

Für die Zukunft ist laut Weltklimarat IPCC mit weiter anschwellendem Meeresspiegel zu rechnen. Je nach Klimamodell und Emissionsszenario beträgt der Anstieg für die Jahre 2080-2099 0,26 bis 0,82 m im Vergleich zu 1986 – 2005 (Abb. 2). Ein ungebremster Klimawandel birgt das Risiko, dass unsere Nachfahren einst die Überreste von Hamburg, Venedig, New York oder Shanghai und die aller anderen Küstenstädte nur noch mit dem U-Boot besichtigen können: Langfristig könnte bei einem globalen Temperaturanstieg von über 2°C der Meeresspiegel um 10, 20 oder 30 Meter ansteigen. Schon ein Anstieg um zwei Meter würde ohne Küstenschutz die Küstenlinie in Deutschland und den Niederlanden drastisch verändern (Abb. 3).

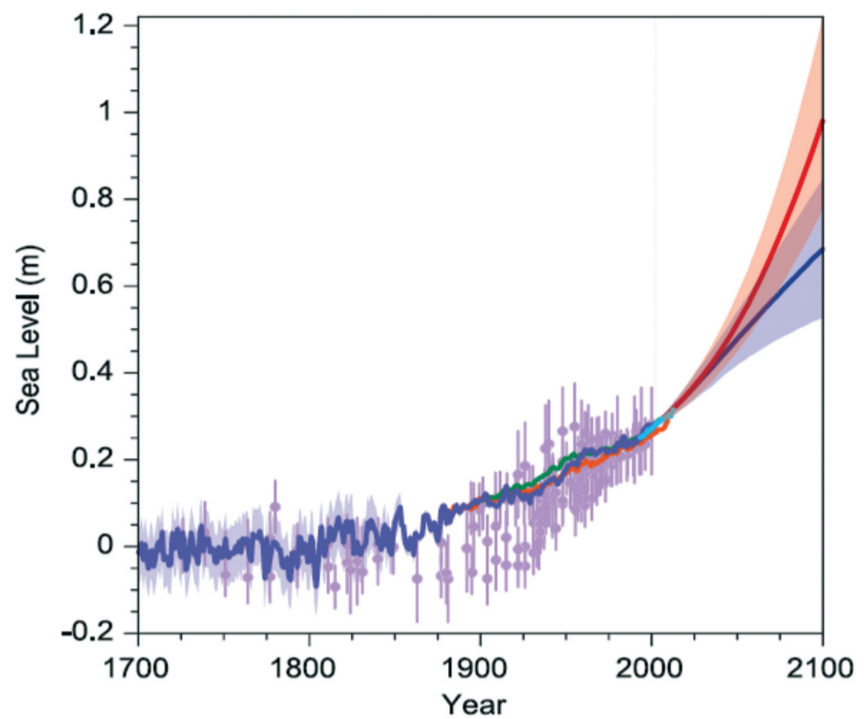


Abb. 2: Anstieg des Meeresspiegels laut IPCC-Bericht 2013. Gezeigt ist der vergangene Verlauf des Meeresspiegels seit dem Jahr 1700 aus Sedimentdaten (lila) und aus mehreren Datensätzen von Küstenpegelmessungen. Hellblau sind die Satellitendaten (ab 1993). Mögliche zukünftige Entwicklungen zeigen das Szenario RCP8.5 mit ungebremsten Emissionen (Rot) und das strikte Klimaschutzszenario RCP2.6 (Blau).

Quelle: IPCC AR5 Abb. 13.27 <http://scilogs.spektrum.de/klimalounge/meeresspiegel-das-erwarten-die-experten/>



Abb. 3: Küstenlinie in Deutschland und den Niederlanden bei einem Meeresspiegelanstieg um zwei Meter (ohne Küstenschutz).

Quelle: <http://flood.firetree.net/> (interaktive Karte)

Fazit: Die ersten Opfer des Meeresspiegelanstiegs

Die Bewohner von fünf Staaten leben ausschließlich auf Korallenatollen, die als ringförmige, im Mittel zwei Meter das Wasser überragende Korallenriffe eine Lagune umschließen: Die Malediven, Kiribati, die Marshall-Inseln, Tokelau und Tuvalu sind Heimat von zusammen etwa einer halben Million Menschen.

Wenn der Meeresspiegel ansteigt, steigen die Flutwellen tropischer Stürme womöglich überproportional, da die Sturmintensität ebenfalls zunehmen kann (Station 11). Zusätzlich drohen Grundwasser und Böden zu versalzen, was die Möglichkeiten für den Anbau von Nahrungsmitteln dort ebenso einschränkt wie unregelmäßiger werdende Niederschläge. Erste Inseln mussten bereits evakuiert werden.

Der UN-Zivilpakt bestimmt: »In keinem Fall darf ein Volk seiner eigenen Existenzmittel aufgrund irgendwelcher Rechte beraubt werden, auf die sich andere Staaten berufen.« Wird der Pakt die noch in diesem Jahrhundert unausweichlich erscheinende Zerstörung einiger tropischer Inselwelten verhindern können?

Weltweit sind derzeit etwa 75 Millionen Menschen an den Küsten von sturmbedingten Überschwemmungen bedroht. Steigt der Meeresspiegel um 40 cm an, erhöht sich deren Zahl auf schätzungsweise 240 Millionen.



„Wir überflogen 4.000 km der unberührtesten Teile des Great Barrier Reef und haben nur vier intakte Korallenriffe gesehen, es gab nur vier Riffe, die keine Korallenbleiche aufwiesen.“

Meeresbiologe Terry Hughes, James-Cook-University in Townsville, Australien



Abb. 1: Steinkorallen im Great Barrier Reef.

https://de.wikipedia.org/wiki/Steinkorallen#/media/File:Coral_Outcrop_Flynn_Reef.jpg



Abb. 2: Hirnkoralie

https://de.wikipedia.org/wiki/Steinkorallen#/media/File:Brain_coral.jpg

Korallenriffe werden ihrer Artenvielfalt wegen als »Regenwälder der Meere« bezeichnet (Abb. 1 und 2). 500 Millionen Menschen weltweit sind auf Korallenriffe angewiesen. Diese schützen Küsten als natürliche Wellenbrecher, sind die Wiege vieler Fischarten, ermöglichen Fischfang und ziehen Touristen an. Warmwasser-Korallenriffe kommen im Tropengürtel um den Äquator herum vor (Abb. 3).

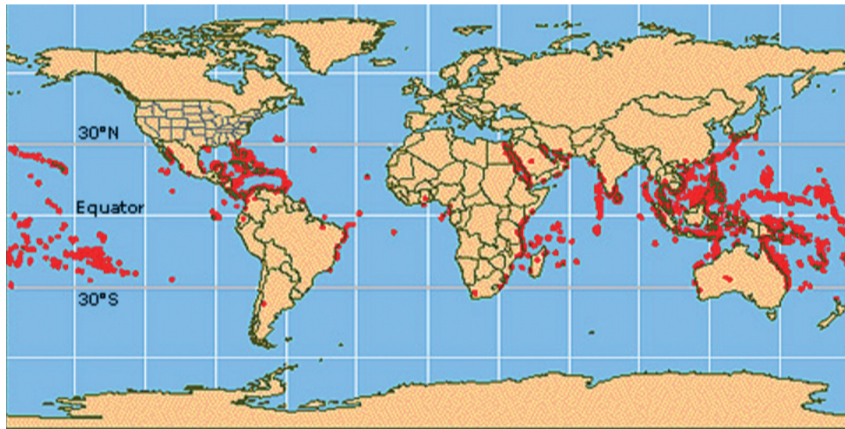


Abb. 3: Vorkommen riffbildender Korallen.

Quelle: NOAA https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/58/Reef_building_corals.jpg

Das größte Korallenriff der Erde, das Great Barrier Reef, liegt vor der Nordostküste Australiens und ist 2300 km lang (Abb. 4). Schon in den Jahren von 1985 bis 2012 hat sich dort die Korallenbedeckung halbiert, in vielen anderen Riffen sieht die Lage kaum besser aus.



Abb. 4: Satellitenfoto eines Teils des Great Barrier Reef östlich der Stadt Mackay im Bundesstaat Queensland. Der Bildausschnitt umfasst ca. 200 km x 200 km. Aufnahmedatum: 26.08.2000.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=163272>

Der Schwund an Korallen hat mehrere Ursachen. In den letzten Jahren häufiger auftretende heftige tropische Wirbelstürme zertrümmern durch starken Wellengang die Riffe (Station 11). Der Nähr- und Schwebstoffeintrag durch die Landwirtschaft lässt den Dornkronenseestern gedeihen, der massenhaft Korallen verschlingt. Auch Dynamit- und Zyanidfischerei zerstören Korallen. Die wichtigste Ursache dürften inzwischen die steigenden Meerestemperaturen sein. In den vor Ort besonders heißen Jahren 1998, 2002 und verstärkt 2016 und 2017 kam es großflächig zur Korallenbleiche (Abb. 6). Im nördlichen Teil des Great Barrier Reef waren 2017 bereits vier Fünftel der Korallenriffe schwerwiegend von diesem Prozess betroffen, der eng mit der Lebensweise der Korallen zusammenhängt:



Abb. 5: Gesunde Korallen

https://de.wikipedia.org/wiki/Korallenbleiche#/media/File:Port_Ghalib_march_2006-0107.jpg



Abb. 6: Abgestorbene Korallen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Korallenbleiche#/media/File:Coral-reef-bioerosion.jpg>

Die symbiotische Lebensweise der Korallen

Korallen sind Tiere, winzig kleine Polypen, die in einer Kolonie auf Kalk leben. Den Kalk scheiden sie ständig aus, wodurch sie zu großen Riffen heranwachsen können. Die Polypen nehmen einzellige Algen in ihre Zellen auf und bilden mit diesen eine Symbiose, also eine Lebensgemeinschaft zu beiderseitigem Nutzen: Die Polypen schützen die Algen vor schädlicher UV-Strahlung und liefern ihnen die Nährstoffe Stickstoff und Phosphat. Die Alge wandelt für die Koralle die Energie des Sonnenlichts in chemische Energie um (Photosynthese) und kann so aus CO₂ energiereiche Stoffe herstellen. Algen verleihen den Korallen ihre bunten Farben.

Wie wirkt der Klimawandel auf die Korallen?

Erwärmt sich das Wasser auch nur ein paar Wochen lang um ein bis drei Grad, beginnen die Algen im Innern der Polypen Giftstoffe zu produzieren. Daraufhin werden sie von den Korallen abgestoßen. Die Algen sterben und die Korallen verlieren ihre leuchtenden Farben, es kommt zur Korallenbleiche. Kühlt das Wasser nicht binnen weniger Wochen ab, sodass neue Algen aufgenommen werden können, sterben auch mehr und mehr Korallen ab. Um weltweit mehr als zehn Prozent aller Korallenriffe zu erhalten, müsste die globale Erwärmung auf weniger als 1,5 Grad gegenüber vorindustriellen Zeiten begrenzt werden.

CO₂-Emissionen lassen die Weltmeere versauern

Gefahr droht auch durch die Übersäuerung der Meere, die knapp ein Drittel des bisher von Menschen ausgestoßenen CO₂ aufgenommen haben. Im Wasser liegt CO₂ teilweise in Form von Kohlensäure vor. Im globalen Mittel ist der pH-Wert der Ozeane seit Beginn der Industrialisierung um 0,1 gesunken, was 30 Prozent mehr Säure bedeutet. Bis 2100 könnte der pH-Wert ohne Klimaschutz um weitere 0,3 Einheiten absinken. Dies würde die Bildung von Kalkschalen bei Korallen, Schnecken, Muscheln und bestimmten Planktonarten z. T. schwerwiegend beeinträchtigen. In den vergangenen 300 Millionen Jahren ist es noch nie zu einer derart schnellen Versauerung der Weltmeere gekommen.

Fazit:

Die Erwärmung und Verschmutzung der Weltmeere hat schon vielerorts Korallen ausbleichen lassen. Ein weiteres Problem der Weltmeere stellt ihre drohende Übersäuerung dar. In beiden Fällen werden ganze Ökosysteme und die Menschen davon betroffen sein.

