

Klimawandel in der Arktis

„Es sieht so aus, als ob wir Menschen in der Tat ungewollt das Klima geändert hätten“. Heinz Haber in „Stirbt unser blauer Planet?“ (1975) [1]

Wie sein deutscher Name schon andeutet, ist der Eisbär auf das Meereis angewiesen, denn dort leben die Robben, seine Hauptnahrung. Im Frühjahr bringen die Robben auf dem Packeis ihre Jungen zur Welt, hier graben sie ihre Atemlöcher, hier ruhen sie sich aus, bevor sie im Meer auf Fischfang gehen. Schmilzt das Packeis, verliert der Eisbär nicht nur seinen Ansitz, sondern sein ganzes Jagdrevier.

Im Frühjahr und Sommer sind die Robben am leichtesten zu erbeuten. [2] Dies ist die Zeit, in der die Eisbären die Gewichtsverluste des langen Polarwinters ausgleichen müssen. Daher trifft sie ein Rückgang des sommerlichen Packeises besonders hart. Bären, welche schon bisher Streifgebiete jenseits der Küste bevorzugten, müssen dem Eis immer weiter in den nahrungsrärmeren Norden folgen, und die Weibchen verlieren den Kontakt zu ihren angestammten Wurfplätzen an Land. [3] Jene Tiere, die den Sommer traditionell an der Küste verbringen, büßen im Frühjahr und Herbst wertvolle Jagdzeit ein, weil das Meereis früher verschwindet bzw. später zurückkommt. [4]

Wissenschaftler vermuten, dass die Eisbären in jeder Woche, in der sie nicht auf dem Packeis jagen können, zehn Kilogramm an Körpergewicht verlieren. [4] Mit der schlechten Ernährung sinkt auch die Fortpflanzungsrate und die Überlebenschance der Jungtiere. [5,6] Die Zunahme von Kannibalismusfällen in Alaska und Kanada könnte ebenfalls mit der Nahrungsknappheit zusammenhängen. [7]

Von 1978 bis 2005 ist das Meereis der Arktis im Jahresmittel um 8% zurückgegangen, im Sommer sogar um 22%. [8] Das Eis des Nordpolarmeeres erreichte im Sommer 2007 die geringste Ausdehnung seit Beginn der Aufzeichnungen. Mehrjähriges Packeis wird zunehmend durch dünnes, einjähriges Eis ersetzt. [9,10]

Nach Untersuchungen des Alfred-Wegener-Instituts (AWI) für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven, war das Packeis des zentralen arktischen Beckens im Sommer 2007 mit etwa einem Meter nur noch halb so dick wie 2001. [11] „Momentan beobachten wir einen beschleunigten Rückgang des Eises“, sagt Ozeanografin Ursula Schauer, die an den Messungen an Bord des Forschungsschiffes Polarstern maßgeblich beteiligt war. [12]

Das Meereis wird von sehr vielen Faktoren beeinflusst. „Daher kann heute niemand exakt vorhersagen, wie sich das Eis der Arktis entwickeln wird“, sagt Schauer. Vieles deutet jedoch darauf hin, dass der arktische Ozean in weniger als 50 Jahren im Sommer eisfrei sein könnte. [12] Nach Modellrechnungen, die im UN-Klimabericht 2007 vorgestellt wurden, wird das arktische Sommereis am Ende des 21. Jahrhunderts verschwunden sein. [13]

Für die weißen Bären hätte dies dramatische Folgen. [3,5] Steven Amstrup, der das Eisbärprojekt des Alaska Science Center in Anchorage leitet, befürchtet, dass die Zahl der Eisbären bis Mitte des Jahrhunderts um zwei Drittel abnehmen wird. [14]

Leider lässt sich die zukünftige Ausdehnung des sommerlichen Packeises nur schwer vorhersagen. Jede Einflussgröße folgt zwar streng physikalischen Gesetzen, doch die Vernetzung und Rückkoppelung der verschiedenen Klimafaktoren ist kompliziert und teilweise noch gar nicht erforscht. Eis ist nicht gleich Eis. Nicht umsonst kennen die Gemeinschaften der Inuit und Cree über 80 Begriffe für Meereis. [15]

Alles hängt mit allem zusammen. Aufgrund des Salzgehaltes gefriert Meerwasser erst bei $-1,86^{\circ}\text{C}$, wobei das Salz bei der Kristallisation ausgeschieden wird. Es sammelt sich in Kanälen und Hohlräumen (Soletaschen), die das Meereis wie einen Schweizer Käse aussehen lassen. [15,16] Ein Teil des Salzes gelangt ins Meerwasser und erhöht dessen Dichte.

Das schwere, kalte Wasser sinkt auf den Meeresgrund und treibt die nordatlantische Wasserzirkulation an, einen der Motoren des weltweiten Klimageschehens. Im Prinzip fließt kaltes Tiefenwasser nach Süden und wird durch warmes Oberflächenwasser ersetzt. Wenn nun das Packeis schmilzt, werden große Mengen an Süßwasser frei, welche diese Zirkulation erheblich stören könnten. [17] Ähnliche Folgen hätte das großflächige Abschmelzen der grönländischen Eismassen. Noch ist dieser Störeffekt nicht nach-

weisbar, doch bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wird eine Abnahme der Umwälzbewegung um ca. 25% vorausgesagt. [8]

Auch Wind und Strömung spielen eine Rolle. Sie schieben das Eis zu Packeisschollen zusammen, die bis zu zehn Meter stark werden. [15] Dieser „Verschiebebahnhof“ führt zu recht uneinheitlichen Verhältnissen. Je dicker die Eisschicht, desto größer ihre isolierende Wirkung, desto weniger Wärme kann zwischen dem Ozean und der Atmosphäre ausgetauscht werden. [17] Auch dieser Regelkreis beeinflusst das globale Wettergeschehen.

Und dann gibt es noch den sogenannte Albedo-Effekt. Die Albedo ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen von Oberflächen. [18] Eine Eisschicht reflektiert etwa fünfmal mehr Sonnenstrahlung als Wasser. [17] Je weniger Eis, desto weniger Wärme entweicht in den Weltraum, desto mehr heizt sich die Erde auf. Schnee hat eine höhere Albedo als Eis, trockener Schnee eine höhere als feuchter, dickes Eis eine höhere als dünnes usw. [15] Die Komplexität der Zusammenhänge sowie die gewaltigen Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte machen es den Forschern schwer, nachzuweisen, dass die derzeitige Erderwärmung vom Menschen verursacht wurde und somit beeinflussbar ist. Lobbyisten, Laienforscher und profilierungssüchtige Wissenschaftler behaupten immer wieder das Gegenteil. [19] Und das Wetter schlägt Kapriolen: So erlebt die grönländische Diskobucht, in der Politiker im Sommer 2007 noch schmelzende Eisberge bedauerten, heuer den härtesten Winter seit zehn Jahren. [20]

Doch von den Zweiflern sollte man sich nicht beeindruckt lassen. Die Vereinten Nationen haben 1988 mit dem „Internationalen zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen“ (IPCC) ein Gremium geschaffen, dem man vertrauen kann. Das IPCC forscht nicht selbst, sondern bewertet die Ergebnisse von Klimatologen weltweit. An dem vierten Sachstandsbericht 2007 haben über 3 700 Experten mitgearbeitet. [21] Der Bericht basiert auf Daten, die bis 2005 erhoben wurden. „Die Formulierungen sind daher schwächer, als sie aufgrund neuester Forschungen ausfallen müssten“, betont Schauer. [12]

Der UN-Bericht enthält u.a. folgende Kernaussagen: [8]

- Die globale Oberflächentemperatur ist von 1906 bis 2005 um 0,74°C angestiegen.
- Die Arktis hat sich doppelt so stark erwärmt wie im globalen Mittel.
- Die Ozeane sind bis zu Tiefen von 3 000 Meter durchschnittlich wärmer geworden.
- Der Meeresspiegel ist im 20. Jahrhundert um 17 cm gestiegen. Die Ursachen liegen in der Ausdehnung des wärmeren Wassers (über 50%), sowie dem Abschmelzen von Gebirgsgletschern (ca. 25%) und Eisschilden (ca. 15%).
- Von 1978 bis 2005 ist das Meereis der Arktis im Jahresmittel um 8% zurückgegangen, im Sommer sogar um 22%.
- Die oberen Schichten des Permafrostbodens haben sich seit 1980 um 3°C erwärmt.
- Der CO₂-Gehalt der Luft hat von 1750 bis 2005 um 35% zugenommen (von 280 ppm auf 379 ppm).
- 78% dieser Erhöhung gehen auf die Nutzung fossiler Brennstoffe zurück.
- Der heutige Kohlendioxidgehalt ist der größte in den letzten 650 000 Jahren.
- Die Änderungen der globalen Strahlungsbilanz wird vorwiegend durch Kohlendioxid verursacht.
- Die Vorhersagen der globalen Temperatursteigerungen für das letzte Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts schwanken zwischen +1,8° C und +4,0°C. Die größte Erwärmung wird in der Arktis erwartet.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass der Mensch sehr wahrscheinlich für die Erderwärmung verantwortlich ist. [8,13] „Der Bericht ist zuverlässig“, erklärt Ozeanografin Schauer. „Die Erwärmung, welche wir messen, kann durch keinen anderen als den Treibhauseffekt erklärt werden.“ [12]

Gemeint ist der „anthropogene Treibhauseffekt“ durch sogenannte Treibhausgase, die sich aufgrund menschlicher Aktivitäten in der Atmosphäre anreichern. Dazu zählen u.a. Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Fluorchlorkohlenwasserstoffe, einige Fluorverbindungen und Ozon. [22,23] Der mengenmäßig bedeutendste „Klimakiller“ ist das CO₂, das bei der

Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) und von Biomasse (Holz, Pflanzenöle) entsteht.

Jeder Mensch atmet im Jahr etwa 350 Kilogramm CO₂ aus. [24] Rechnet man alle Organismen auf der Erde zusammen, so erzeugt deren Zellatmung etwa 550 Milliarden Tonnen Kohlendioxid pro Jahr. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf das Klima, da der Luft etwa dieselbe Menge durch Photosynthese entzogen wird. [25] Es gibt aber eine Reihe anderer Quellen (z.B. Vulkanausbrüche), die den „natürlichen“ CO₂-Gehalt der Atmosphäre aufrecht erhalten. Dieser lag seit wenigstens 650 000 Jahren unterhalb von 0,028% (280 ppm). [26]

Wie wichtig das Kohlendioxid für den Wärmehaushalt der Erde ist, entdeckte der irische Physiker John Tyndall (1820-1893) schon 1859. Nicht Sauerstoff und Stickstoff, sondern Wasserdampf, Kohlendioxid und Ozon seien für die Absorption der Wärmestrahlung verantwortlich, erklärte er. [27,28] Jahre zuvor hatte bereits der französische Physiker Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) vermutet, dass die Erdatmosphäre die Sonnenwärme wie in einem Glashaus speichern könne. [27,29,30]

Fensterglas ist ein gutes Modell, an dem sich die Funktion der Treibhausgase erklären lässt. Das sichtbare Licht kann die Scheibe fast ungehindert passieren. Ein Gegenstand im Innern des Glashauses wird durch das Licht erhitzt und strahlt seinerseits langwellige Infrarotstrahlung ab. Da die Wärmestrahlung das Glas nicht mehr durchdringen kann, steigt die Temperatur im Gewächshaus an.

Treibhausgase wirken wie ein Fensterglas, weil sie verhindern, dass die langwellige Wärmestrahlung in den Weltraum entweicht. Ohne die Atmosphäre mit ihrem „natürlichen Treibhauseffekt“ läge die Durchschnittstemperatur auf der Erde nicht bei +15°C sondern bei -18°C. [31]

Problematisch ist demnach nur der von Menschen herbeigeführte Anstieg des CO₂-Gehaltes. Die Erkenntnis, dass wir Menschen das Klima verändern können, ist nicht neu. Der schwedische Chemiker Svante Arrhenius (1859-1927) beschäftigte sich schon Ende des 19. Jahrhunderts mit der Frage, wie sich die Verbrennung fossiler Energieträger auf das Klima auswirken könnte. Probleme sah er allerdings noch nicht. Er soll gesagt haben: „Der Anstieg des CO₂ wird zukünftigen Menschen erlauben, unter einem wärmeren Himmel zu leben“. [32]

Sein Enkel Gustav Arrhenius regte den Bau einer CO₂-Messstation am Vulkan Mauna Loa auf Hawaii an. [33] Seit 1958 wird dort kontinuierlich gemessen. 1973 brachte der Club of Rome einen Bericht zur Lage der Menschheit heraus, der unter dem Titel „Die Grenzen des Wachstums“ eine breite Öffentlichkeit erreichte. Gestützt auf die Messungen am Mauna Loa sagten die Wissenschaftler für das Jahr 2000 einen Kohlendioxidgehalt von 380 ppm voraus. [34] Der Wert wurde 2006 überschritten, 2007 waren es 383,72 ppm. [35]

Klimavorhersagen gibt es auch heute, und die Chancen stehen nicht schlecht, dass sie von der Politik endlich ernst genommen werden. Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) nennt 16 mögliche anthropogene Kipp-Prozesse, die das globale Klima aus den Fugen heben könnten. Fünf davon betreffen die Arktis: [36]

- Verlust des arktischen Meereises (Zeitraum: 100 Jahre)
- Schmelzen des Grönland-Eises mit einem Meeresspiegelanstieg von sieben Metern (Zeitraum: 300 bis 1 000 Jahre)
- Methanabgasung aus aufgetauten Permafrostböden (Zeitraum: 1 000 Jahre)
- Unterdrückung der atlantischen Tiefenwasserbildung (Zeitraum 100 bis 500 Jahre)
- Klimainduziertes Ozonloch über Nordeuropa (Zeitraum 10 bis 1 000 Jahre)

Mit menschlicher Hilfe könnten einige Eisbären auch diese Katastrophenszenarien überleben. Homo sapiens wird sich anpassen können, zumindest der reiche Teil der Erdenbürger. Die Frage ist nur, ob wir das Risiko einer von Grund auf veränderten Welt eingehen müssen, wo es doch Alternativen gibt.

Mathias Orgeldinger

Quellen:

- 01 Haber, H. (1975): Stirbt unser blauer Planet?; Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg
- 02 Stirling, I. (Hrsg.) (2002): Bären; Orbis Verlag München
- 03 Helmuth, L. (2007): Interview: Steven Amstrup; www.smithsonianmag.com (Smithsonian magazine, November 2007)
- 04 Jacobi, B. (2007): Eisbären im Dienste des Klimaschutzes; www.radiobremen.de (Radio Bremen, Themen, Klimawandel) (Text: 27.01.07)
- 05 Terhune, L. (2007): But scientists say there is time to save them, and the polar ice caps; <http://usinfo.state.gov> (USINFO Bureau of International Information Programs, U.S. Department of State) (Text 04.01.07)
- 06 Anonymous (2007): Eisbär; www.wwf.de (Projekt Eisbär) (Stand: 05.02.08)
- 07 Anonymous (2006): Eisbären fressen sich gegenseitig; www.spiegel.de (Spiegel online) (Text: 13.06.06)
- 08 Anonymous (2008): Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC). Ergebnisse des Fourth Assessment Report (AR4) der Arbeitsgruppe 1: Wissenschaftliche Grundlagen; www.awi.de (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung) (Stand: 19.02.08)
- 09 Anonymous (2008): Older arctic sea ice replaced by young thin ice; www.klima-aktiv.com (Text: 14.01.08)
- 10 Anonymous (2008): Satellitenbilder zeigen drastischen Rückgang des Arktis-Meereises; www.klima-aktiv.com (Text: 09.08.07)
- 11 Pauls, M. (2007): Das Meereis wird dünn - Aufnahme des Klima- und Ökosystems des Arktischen Ozeans; www.idw-online.de (Informationsdienst Wissenschaft) (Text: 13.09.07)
- 12 Schauer, U. (2008): Telefoninterview vom 20.02.08
- 13 Bernstein, L. et. Al. (2007): International Panel on Climate Change (IPCC). Fourth Assessment Report. Climate change 2007: Synthesis report. Summary for policymakers; www.ipcc.ch (Stand: 22.02.08)
- 14 Hamilton, N. (2008): Should there be a future for oil and gas in the arctic?; Vortrag vom 22.01.08 auf der Arctic Frontiers conference in Tromsø, Norwegen (www.panda.org, Arctic, Stand: 11.02.08)
- 15 Thomas, D. N. (2004): Frozen Oceans. The floating world of pack ice; Firefly Books Ltd., Richmond Hill (Canada)
- 16 Anonymous (2008): Meereis; <http://de.wikipedia.org> (Stand: 20.02.08)
- 17 Anonymous (2000): Wie ein gigantischer Spiegel. Die Bedeutung des Meereises für unser Klima; www.scinexx.de (Das Wissensmagazin) (Text: 27.12.2000)
- 18 Anonymous (2008): Albedo; <http://de.wikipedia.org> (Stand 25.02.08)
- 19 Rahmstorf, J. (2002): Flotte Kurven, dünne Daten. Im Medienstreit um den Klimawandel bleibt die Wissenschaft auf der Strecke; Die Zeit vom 05.09.02
- 20 Anonymous (2008): Trotz Klimawandels: Grönland erlebt kältesten Winter seit langem; www.klima-aktiv.com (Text: 16.01.08)
- 21 Dummermuth, A. (2008): schriftliche Mitteilung der Abteilung für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit des AWI
- 22 Lloyd, J. (2007): Wetter. Von der Klimageschichte zur Wetterprognose; Parragon Books Ltd., Bath
- 23 Anonymous (2008): Treibhauspotential; <http://de.wikipedia.org> (Stand: 25.02.08)
- 24 Anonymous (2008): Atmung; <http://de.wikipedia.org> (Stand: 26.02.08)
- 25 Kehl, H. (2007): Vegetationsökologie trockener und warmer Klimate; www.tu-berlin.de (Erläuterungen zur Vorlesung TWK an der TU Berlin, Institut für Ökologie) (Stand: 26.02.08)
- 26 Anonymous (2008): Kohlenstoffdioxid; <http://de.wikipedia.org> (Stand 26.02.08)
- 27 Anonymous (2008): Die Entdeckung des Treibhauseffektes; www.thema-energie.de (Stand: 20.02.08)
- 28 Heidorn, K.C. (2006): The Weather Doctor's Weather Almanac: John Tyndall; www.islandnet.com (Text: 01.02.06)

- 29 Revkin, A, (1992): Global warming: understanding the forecast; American Museum of Natural History Environmental Defence Fund, Abbeville Press Publishers, New York
- 30 Anonymous (2008): Frühe Entdeckungen; www.deutsches-museum.de (Treibhauseffekt) (Stand: 25.02.08)
- 31 Anonymous (2008): Treibhauseffekt; <http://de.wikipedia.org> (Stand: 20.02.08)
- 32 Anonymous (2008): Svante Arrhenius; <http://de.wikipedia.org> (Stand: 20.02.08)
- 33 Anonymous (2008): Geschichte des Treibhauseffektes; www.zum.de (Zentrale für Unterrichtsmedien im Internet e.V.) (Stand: 20.02.08)
- 34 Meadows, D. et al. (1973): Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit; Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg
- 35 Anonymous (2008): Mauna Loa CO₂ annual mean data; www.esrl.noaa.gov (Earth system research laboratory. Global monitoring division) (Stand: 20.02.08)
- 36 Boysen, M. (2007): Mögliche anthropogene Kipp-Prozesse im Erdsystem; www.pik-potsdam.de (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung) (Text: 17.07.07)