

4.12 Eisschilde und der Meeresspiegel: Eine kurze Übersicht

JOSÉ L. LOZÁN

Ice-sheet and sea-level changes • A short review: Sea-level change is an important issue related to climate change. The ice-sheets (Greenland and Antarctic) have a big potential to raise the sea level as they content 99% of the entire land ice of the Earth. However, the Antarctic volume will not significantly change because of its very cold climate, even a major warming during the 21st century. The ice budget in Greenland is much different. Most new studies indicate an increased net mass lost at the ice sheet margins. The projected contribution of the land ice in the Arctic - ice-sheet, ice caps and glaciers - to sea-level rise is calculated to be around 10 cm till end of this century. The most important contributions came from the Greenland ice-sheet and glaciers in Alaska.

Veränderungen des Meeresspiegels gehören zu den wichtigsten Folgen einer Klimaänderung. Untersuchungen über die Rekonstruktion des Meeresspiegels in der Vergangenheit – auch wenn diese sehr lückenhaft sind – geben Auskunft über Änderungen im Küstenverlauf der Kontinente sowie über das Bestehen und Verschwinden von Landverbindungen in flachen Meeresgebieten. Ein Meeresspiegelanstieg von wenigen Zentimetern bewirkt in flachen Gebieten einen Rückzug der Küstenlinie von Metern. Der infolge der heutigen schnellen Erderwärmung zu erwartende beschleunigte Meeresspiegelanstieg stellt ein wichtiges globale Problem des aktuellen Klimawandels dar, da ein beträchtlicher Anteil der Weltbevölkerung in Küstennähe siedelt. Betroffen sind vor allem tief liegende Inseln und Küstengebiete. Bedroht sind in erster Linie arme Länder, die nicht in der Lage sind, wirksame Küstenschutzmaßnahmen zu treffen. Hierbei ist z.B. Bangladesch zu nennen. Dort leben ca. 17 Mio. Menschen in Gebieten, die tiefer als 1 m über dem Meeresspiegel liegen und bereits heute bei Extremwetter überschwemmt werden. Zu den gefährdeten Inselgruppen gehören Marshall, Kiribati, Tuvalu, Tonga, Line, Mikronesien und Cook im Pazifik sowie Antigua und Nevis im Atlantik sowie die Malediven im Indischen Ozean.

Ein weiteres Problem des zukünftigen Meeresspiegelanstiegs stellt die Kontamination der Süßwasserreserven an der Küste durch Intrusion vom Salzwasser dar, welche die Wasserkrise vor allem in den ariden und semi-ariden Regionen der Welt noch weiter verschärfen wird.

Im folgenden wird analysiert, wie sich der Meeresspiegel bis 2100 ansteigen könnte und welche Faktoren ihn bestimmen. Zur Vertiefung des Stoffes wird das Buch »Warnsignal Klima« (Lozán et al 2001 und 1998, Seiten 201–206 und 248–253) empfohlen.

Meeresspiegelanstieg

Nach dem 3. IPCC-Bericht (HOUGHTON et al. 2001) wird der Meeresspiegel im 21. Jahrhundert zwischen 10 und 90 cm ansteigen, je nach Emission klimarelevanter Gase in den nächsten Jahrzehnten (Abb. 4.12-1). Nach den neuen Abschätzungen ist ein Meeresspiegelanstieg bis 2100 von ca. 50 cm am wahrscheinlichsten. Die Rate des Meeresspiegel-

anstiegs betrug in den 1980er Jahren 2 mm/Jahr und in den 1990er Jahren 3 mm/Jahr. Die jüngsten Werte lagen damit bereits höher als der Meeresspiegelanstieg seit Beginn der Pegelaufzeichnungen, nämlich zwischen 10 und 25 cm/Jahrhundert. Langfristig werden viel größere Erhöhungen prognostiziert (STERR 2001a, 2001b; ACIA 2005).

Der Anstieg des Meeresspiegels ist nicht überall in der Welt gleich; man rechnet in der arktischen Region mit überdurchschnittlich hohen Werten. Die großen Flüsse der Arktis zeigen seit 1970/80 eine steigende Abflussmenge (Tafel 3, ACIA 2005). Die rasante Erderwärmung vor allem seit den 1990er Jahren führt zu einem starken Schmelzen nicht nur der Gebirgsgletscher der tropischen und sub-tropischen Regionen, sondern auch in nördlichen Gebieten wie Alaska, Kanada und Russland. Der Beitrag der Gebirgsgletscher zum Meeresspiegelanstieg ist daher beträchtlich (Abb. 4.12-2 und -3). Es ist aber auch zu erwähnen, dass einige Gletscher in Gebieten wie in Island und Skandinavien an Eismasse gewonnen haben, da dort höhere Winterniederschläge die sommerlichen Eisverluste mehr kompensieren.

Anstieg des Meeresspiegels - Anteil der großen Eisschilde

Das Volumen der Eisschilde wird mit 3,1 Mio. km³ in Grönland und 26,4 Mio. km³ in der Antarktika geschätzt. Diese Eismenge stellt ca. 99% des Eisvolumens der Erde dar. Das gesamte Abschmelzen der Eisschilde würde einen Meeresspiegelanstieg von ca. 70 m bewirken. Das bedeutet, dass nur geringe Schwankungen im polaren Eisvolumen zu merklichen Veränderungen des Meeresspiegels führen. Aufgrund der großen Fläche und des enormen Volumens sind genaue Vermessungen der Eisschilde recht schwer. Das Fehlen von Messreihen erschwert auch eine Quantifizierung der Veränderungen. Erst nach Einsatz von Satelliten mit Altimetern unterschiedlicher Frequenzen im Mikrowellenbereich seit 1992 sind die Messungen genau genug für die ersten Abschätzungen, da die Atmosphäre für diese Geräte nahezu transparent ist.

Der ostantarktische Eisschild erreicht eine Höhe von über 4.000 m und eine Eisdicke von über 4.700 m. Dort gibt es deutliche Hinweise auf eine Zunahme des Eises. Das Gebiet westlich des Transantarktischen Gebirges ist

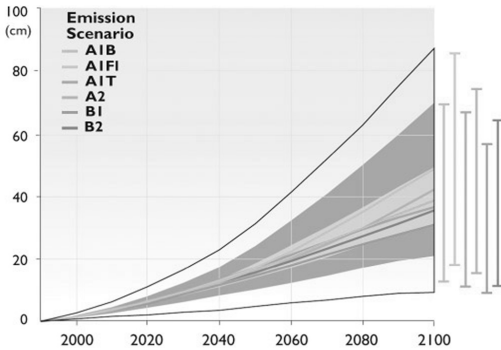


Abb. 4.12-1: Meeresspiegelanstieg bis 2100 berechnet anhand von Modellrechnungen unter Anwendung sechs verschiedener IPCC-Emissionsszenarien. Die Balken rechts zeigen die Differenzen zwischen den Modellen für jeweils ein Szenarium (HOUGHTON et al. 2001).

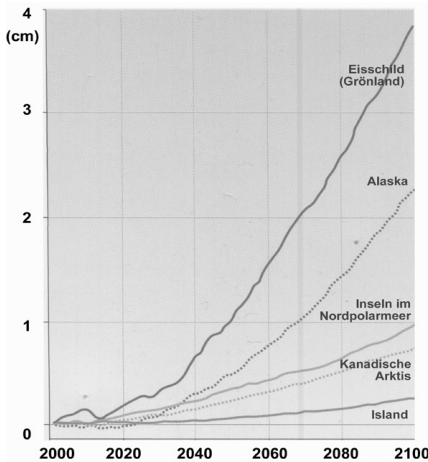


Abb. 4.12-2: Anteil des arktischen Inlandeises zum Anstieg des Meeresspiegels bis 2100 (<http://amap.no/acia/ACIAGraphics.html>).

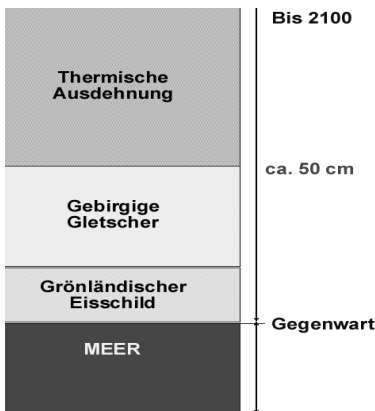


Abb. 4.12-3: Hauptfaktoren für den Meeresspiegelanstieg. Den größten Anteil hat die Wärmeausdehnung des Meerwassers mit rund 50%. Die restlichen Anteile stammen aus Gebirgsgletschern und dem grönländischen Eisschild.

dagegen anders. Der Felsuntergrund liegt in weiten Teilen unter dem Meeresspiegel. Die Oberflächentopographie des Eises erreicht nie mehr als 2.400 m. Trotz der Unsicherheiten deuten die letzten Studien auf ein Gleichgewicht zwischen Ablation und Akkumulation. Die Zunahme der Temperatur des Meerwassers kann jedoch in der Zukunft zu einem schnellen Schmelzen des Schelfeises und zur Beschleunigung der Eisströme zum Weddellmeer und Rossmeer führen. Auf der Antarktischen Halbinsel, die am weitesten nach Norden reichen, überwiegen deutlich die Eisverluste.

Auf Grönland haben ein anderes Bild. Allein seine Jahresmitteltemperatur ist 10–15° C höher als die der Antarktis. Dort sind die Ablation des Inlandeises in niedrigen küstennahen Gebieten sowie die Kalbung von Eisbergen und die erhöhte mittlere Akkumulation in höheren Lagen nicht mehr in Gleichgewicht. In der jüngsten Zeit gibt es deutliche Hinweise, dass die Eisverluste überwiegen (s. *Tafel 1*, Klappentext). Nach ALLEY et al. (2005) betrug die Ablation von 1993/94 bis 1999 54 Gt Wasser pro Jahr und die Akkumulation 32 Gt/Jahr. Die Fläche mit Ablation nimmt seit 1981 im Mittel zu. Ein Minimum wurde 1992 infolge der leichten globalen Abkühlung wegen der Eruption des Vulkans Pinatubo beobachtet. Auch 1996 war die Ablation nicht zu stark, weil 1995/96 die mit La Niña bezeichnete kalte Wasserzunge im tropischen Ostpazifik besonders ausgeprägt war und die Lufttemperatur auch im globalen Mittel merklich absenkte (*Tafel 2*, Klappentext). *Abb. 4.12-2* zeigt den prognostizierten Beitrag des arktischen Inlandeises zum Meeresspiegelanstieg aufgrund des Eisrückgangs in verschiedenen arktischen Gebieten bis 2100. Insgesamt geht man von einem Beitrag von 10 cm aus, wobei das grönländische Eis und die Gletscher in Alaska den größten Anteil haben werden.

Beitrag der Wärmeausdehnung des Meerwassers zum Anstieg des Meeresspiegels

Gut 50% des Meeresspiegelanstiegs stammt aus der Wärmeausdehnung des Meerwassers. Die andere Hälfte trägt der Rückgang von Gebirgsgletschern und des grönländischen Eisschildes (*Abb. 4.12-3*). Da die Eismenge in der Antarktika bis 2100 insgesamt wahrscheinlich zunehmen wird, wird ihr Beitrag zum Meeresspielsanstieg eher negativ sein.

Schlussbetrachtung

Die Erwärmung stößt sehr langfristige Prozesse an, die sich über Jahrhunderte und Jahrtausende auswirken werden. Hierzu gehört die Anpassung des Ozeaninneren an die Erwärmung der Oberfläche und Atmosphäre. Die Wärmeausdehnung des Meerwassers wird sich als Meeresspiegelanstieg also über Jahrhunderte fortsetzen, selbst wenn die Treibhauskonzentrationen nicht mehr steigen sollten und sich Jahrzehnte danach die bodennahe Lufttemperatur stabilisiert hat ♦