

Gletscherveränderungen in Antarktika

Handreichungen für die Lehrkräfte (Oberstufe)

Gletscherveränderungen in Antarktika sind insbesondere im Rahmen des Klimawandels auf der antarktischen Halbinsel zu beobachten. Dabei spielen auch geographische Gegebenheiten eine wichtige Rolle. Das Thema wird mit acht Arbeitsblättern behandelt, die aufeinander aufbauen. Nach einer grundlegenden Einführung zur Lage, zum Gletscheraufbau und zu Gletschertypen sowie zur Methode der Fernerkundung geht es darum, die Prozesse der Gletscherveränderungen und ihre Ursachen im Zusammenhang zu verstehen.

Die Schülerinnen und Schüler vertiefen Fähigkeiten des Textverständnisses sowie das Lesen und Auseinandersetzen von und mit Karten und unterschiedlichen Graphiken. Teilweise sollen sie eigenständig Informationen sammeln und haben die Aufgabe, selbst im Internet zu recherchieren. Die Quellen sind teilweise in englischer Sprache.

Musterlösungen

Aufgabe „Die Lage von Antarktika“

- 1) (Afb: I)
- 2) Rot markiert auf der Karte → Antarktische Halbinsel. (Afb: I)
- 3) Auf der Karte blau markiert: 1) Himalaya, 2) Alaska Range, 3) Grönland, 4) Patagonien, 5) Antarktika, 6) Spitzbergen, 7) Kanadische Arktis. (Afb: I)
- 4) Grüner Punkt. (Afb: II)

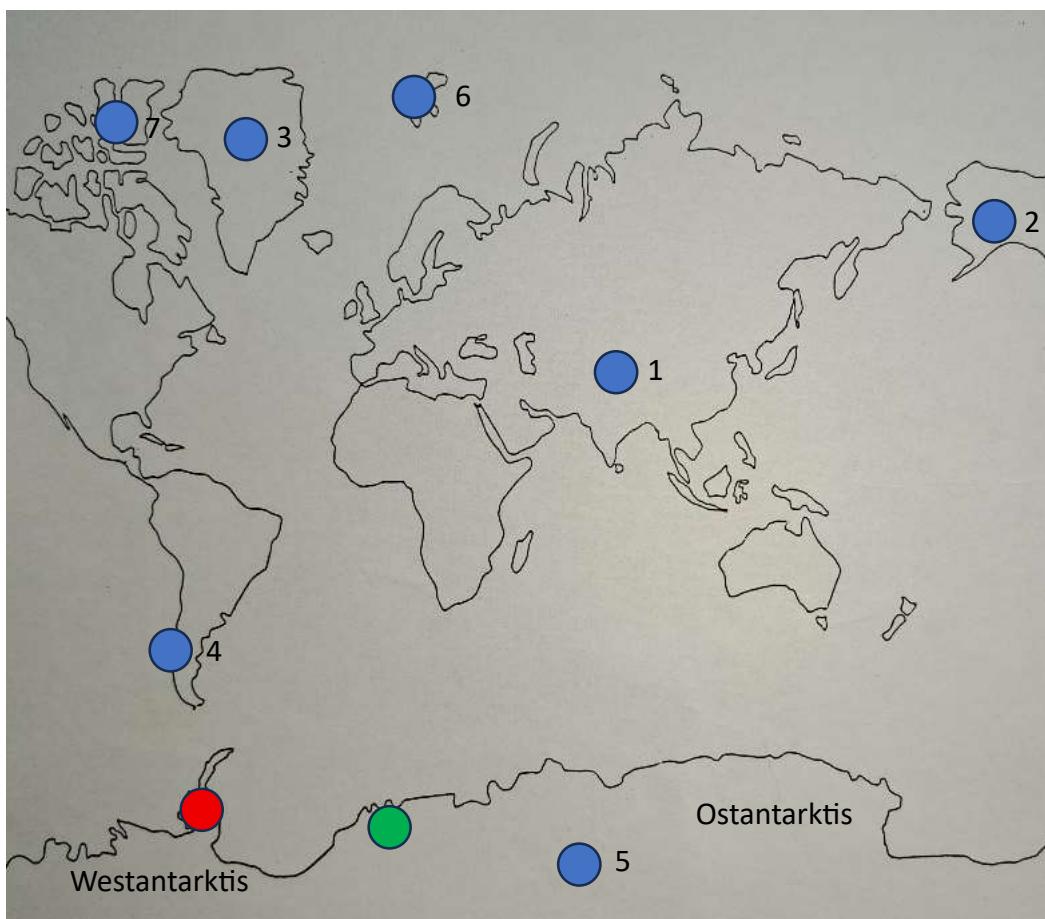


Abbildung 1: Abbildung 3 des Arbeitsblattes

Aufgabe „Gletscheraufbau“

Die Thematik dient als Basis zum Verständnis der darauffolgen Aufgaben. Arbeitsmaterialien sind ein Infotext, ein schematischer Schnitt durch einen Gletscher und ein Foto eines Gletschers. Er gibt zwei Arbeitsblätter zu diesem Thema (Gletscheraufbau I und II).

- 1) (Afb: I)
- 2) Auf dem Foto (Abbildung 6) ist zwischen zwei Felswänden ein Talgletscher im Spätsommer zu erkennen, der sich talabwärts Richtung Wasser bewegt. Der obere Teil des Gletschers ist durch die spätsommerliche Schneedecke weiß (Nährgebiet), wohingegen der untere Teil ausgeapert und eher gräulich ist (Zehrgebiet). Dazwischen liegt die Gleichgewichtslinie. Vor dem Gletscher sieht man die Endmoräne. Davor ist Wasser zu erkennen, das Meer oder ein See. (Afb: II)
- 3) Die Recherche kann mit entsprechendem Infomaterial erfolgen (z.B. <https://www.raonline.ch/pages/edu/nat/glacier01b7b.html>, Afb: II)
- 4) **A:** Eisschild/Inlandeis Antarktis, **B:** Eiskappen Ellesmere Island, **C:** Schelfeis Antarktis, **D:** Inlandeis/Eisschild Westgrönland. (Afb: II)



Abbildung 2: Abbildung 6 des Arbeitsblattes

Aufgabe „Gletscherveränderungen auf der antarktischen Halbinsel“

Diese Aufgabe beschäftigt sich speziell mit dem Forschungsgebiet von Thorsten Seehaus. Die Schülerinnen und Schüler haben die Aufgabe, Veränderungen des Gletschergebietes anhand des Materials zu erkennen. Es wird mit einer Karte der antarktischen Halbinsel gearbeitet, in der die Massenveränderungen der Gletscher in einem bestimmten Zeitraum zu erkennen sind. Hinweis: Die starke Erwärmung der Polargebiete ist relativ zu sehen!

- 1) (Afb: I)
- 2) In vielen Gebieten gab es einen leichten Rückgang der Gletscher. Die in großer Anzahl vorkommenden Gebiete sind in dunklem Gelb/Orange zu sehen. An zwei Gebieten, die auf der Karte dunkelrot markiert sind, ist ein Rückgang von 1-5 (Gt/a) zu sehen. Es gibt aber auch Gebiete mit einem, wenn auch geringem Massenzuwachs (grüne Gebiete). (Afb: II)

3) Quelle 1: Karte, die die Erwärmung vor allem in der Westantarktis zeigt. Dazu Daten in einem kurzen Text. Unterschied West-/Ostantarktis. Veränderung des Westwindzone und Folgen. Eisschmelze und Meeresspiegelanstieg. Dazu Links und Publikationen.

Quelle 2: Kurzvideo Entstehung antarktisches Eis. Wichtiger für die Aufgabe: Zweites Kurzvideo zur Gletscherschmelze in der Westantarktis. Schmelzen die Schollen auf dem Wasser, schmilzt auch das Schelfeis, das hinter den Schollen liegt und große Eismassen brechen als Eisberge ab. Das Eis auf dem Land verliert seine Schutzmauer und fließt schneller ins Wasser, wo es auseinanderbricht und schmilzt. (Afb: II)

Aufgabe „Veränderungen am Beispiel des Larsen-Schelfeises“

In dieser Aufgabe wird anhand des Larsen-B Schelfeises der Prozess der Gletscherveränderung und der Ursachen genauer dargestellt. Mit Hilfe einer Abbildung, die anhand schematischer Querschnitte den Prozess der Gletscherveränderung erklärt, soll die Veränderung des Larsen-Schelfeis erklärt werden. Diese Aufgabe dient dazu, neu erlerntes Wissen auf eine Abbildung zu übertragen.

1) Das Larsen-B-Schelfeis ist auf der Abbildung blau markiert.

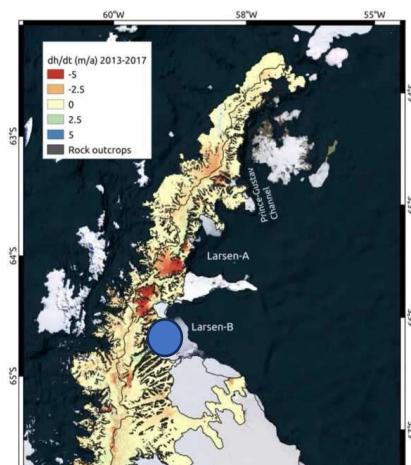


Abbildung 3: Ausschnitt der Abbildung 7 des Arbeitsblattes

2) Auf der linken Seite wird das Schelfeis am 31. Januar 2002 und auf der rechten Seite am 7. März des gleichen Jahres dargestellt. Auf dem Foto a ist das Schelfeis mit Schmelzwassertümpeln zu erkennen. Auf dem rechten Bild ist das Schelfeis aufgebrochen. Gekalbte Eisberge sind zu sehen. (Afb: II)

3) Teile des Schelfeises sind abgebrochen. Dadurch hat sich das Schelfeis weiter ausgebrettet. Zwischen dem aufgebrochenen Eis befindet sich Wasser. Eine Ursache hierfür könnte der Temperaturanstieg sein, der das Kalben von Eisbergen fördert. Zuordnung: Abb. 9 a → 10.2, 9 b → 10.3). (Afb: II/III)

4) Durch den Kollaps des Schelfeises beschleunigen sich die Fließgeschwindigkeiten der Gletscher (rote Pfeile in Abb. 10.4). Sie verlieren dadurch an Masse. Verbreitet sich dieser Prozess, ziehen sich die Gletscher zurück und der Meeresspiegel steigt. (Afb: III) Hierzu weiteres Material unter:

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Antarctic_ice_shelf_demise

Aufgabe „Fernerkundungsmethoden“

Dieses Arbeitsblatt beinhaltet zwei Gruppenaufgaben zu Fernerkundungsmethoden, die auch von Thorsten Seehaus eingesetzt werden. Die Gruppen sollen ihre jeweiligen Themen nach der Recherche und Bearbeitung in Präsentationen dem Plenum vorstellen.

Hinweis: Die Aufgabe ist für eine Doppelstunde geeignet.

- 1) (Afb: II)
- 2) (Afb: II/III)

Aufgabe „Veränderung der Gletscherfläche auf der antarktischen Halbinsel“

Diese Aufgabe beschäftigt sich mit Gletscherveränderung anhand einer Kurven-Säulengraphik. Nach der Beschreibung des Graphikaufbaus soll der Datenverlauf wertend und vergleichend beschrieben werden. Es soll eine Hypothese zu Gründen und Auswirkungen der Veränderungen aufgestellt werden.

Hinweis: Die Y-Achse startet nicht bei 0!

- 1) (Afb: I)
- 2) Die Schülerinnen und Schüler sollen hier eine erste Hypothese mit Hilfe des vorher behandelten Materials aufstellen. Ein möglicher Grund für diese drastische Flächenveränderung im Bereich des Larsen-B Schelfeises könnte der Eisschelf-Kollaps 2002 sein, der den starken Anstieg der Eisverluste bedingt. Insgesamt könnte eine Temperaturzunahme ein weiterer Grund sein, da die Durchschnittstemperatur im betrachteten Zeitraum zugenommen hat. Die erhöhten Temperaturen können dazu geführt haben, dass das Schelfeis im Jahr 2002 kollabiert ist (Abb. 9, 10), woraufhin die Gletscher schneller abgeflossen sind. Dadurch haben sie an Masse verloren und die Fläche wurde kleiner. (Afb: II)
- 3) Mögliche Hypothesen:
 - Die nun kleineren Gletscher haben möglicherweise wieder an Stabilität gewonnen.
 - Es hat sich ein neues Schelfeis gebildet.
 - Reste des alten Schelfeises stabilisieren die nun kleineren Gletscher wieder. (Afb: III)
- 4) Der Verlust beträgt 240 km^2 in 30 Jahren ($8 \text{ km}^2/\text{a}$), das sind insgesamt 2 % oder 0,07 %/a der Gletscherfläche im Bereich der nördlichen antarktischen Halbinsel. Die Gletscher wären bei gleichbleibender Schmelzrate nach 1.345 Jahren abgeschmolzen. Der Text für die Zeitung sollte sich kritisch mit den errechneten Werten

auseinandersetzen. Die Zahlen an sich erscheinen zunächst vernachlässigbar, vor dem Hintergrund des seit ca. 30 Mio Jahren existierenden antarktischen Eisschildes sind die Werte jedoch bedenklich hoch. Hinweis: Das betrifft die antarktische Halbinsel, nicht Antarktika insgesamt! (Afb: II/III)

- 5) (Afb: I)
- 6) Gletscherschmelze führt zum Meeresspiegelanstieg, die Erwärmung in diesem Gebiet nimmt aufgrund der geringeren Albedo der nun dunklen Meeresoberfläche schneller zu. (Afb: II/III)
- 7) Kollabiert das Ross-Schelfeis, verliert die antarktische Eiskappe deutlich an Größe. Die Ostantarktis, bisher stabil, würde viel Eis verlieren. Ein Grund hierfür ist, dass die am Ross-Schelfeis liegenden großen und zahlreichen Gletscher an Fläche und Volumen verlieren. (Afb: III)

Aufgabe „Ursachen der Veränderung der Gletscherfläche auf der antarktischen Halbinsel“

Mit dieser Aufgabe soll mithilfe einer Graphik gezeigt werden, dass die zuvor aufgestellte Hypothese (Aufgabe 2, AB Veränderung der Gletscherfläche) zur Zunahme der Temperatur richtig ist. Zudem wird mit einer zweiten Graphik ein atmosphärisches Phänomen gezeigt, dass maßgeblich den Kollaps des Schelfeises ausgelöst hat. Es wird somit vermittelt, dass es mehrere Ursachen geben kann, die ein Ereignis bedingen und auslösen können und einfache Gründe oft zu kurz greifen.

- 1) Beschreibung und Bewertung der Daten. Die zu erkennende deutliche Erwärmung ist wahrscheinlich eine Grundvoraussetzung für den Zerfall des Schelfeises (Afb: II)
- 2) Beschreibung der Graphik, korrekte Übersetzung, eigener Text. Besonderer Hinweis: Die antarktische Halbinsel ist gebirgig. Es handelt sich um den Föhneffekt. In den Alpen gibt es den gleichen Effekt, wenn südliche Luftströmungen aus Nordafrika über dem Mittelmeer Wasser aufnehmen und nach Norden an die Alpen strömen. Dort kommt es zu intensiven Regenfällen, während nördlich der Alpen der Föhnsturm auftritt. Dieser ist mit den Fallwinden östlich der antarktischen Halbinsel zu vergleichen, die als Auslöser des Kollapses gelten und zum beschleunigten Zerfall des Schelfeises geführt haben (Afb. II/III)
- 3) Es gibt (mindestens) zwei wichtige Ursachen für den Zerfall des Larsen-B Schelfeises: Grundvoraussetzung ist die Temperaturerwärmung der Atmosphäre, die zur Instabilität des Schelfeises geführt hat, da das Meereis schneller zerfällt und sich auf dem Schelfeis Schmelzwassertümpel und Risse bilden. Der eigentliche Auslöser waren dann Föhnwinde, die durch atmosphärische Flüsse ausgelöst wurden und den Prozess des Zerfalls durch eine erhöhte Kalbungsrate des Eischelfs beschleunigen. Durch den Zerfall des Schelfeises fehlt den Gletschern ein Hindernis, wodurch sie schneller abfließen und an Volumen verlieren. (Afb. III)

Aufgabe zu „Aufgaben zur Selbstüberprüfung“

Die letzten beiden Aufgaben dienen zur Selbstüberprüfung.

- 1) Ein Gletscher entsteht aus Schnee, der sich über Firn zu Eis verdichtet. Er bewegt sich der Schwerkraft folgend talabwärts. Im Nährgebiet gewinnt er an Masse. Im Zehrgebiet verliert er an Masse durch Abschmelzen.
- 2) Die klimatische Erwärmung führt zu einem Rückgang des Meereises und zu einer Instabilität der Schelfeise, die zerfallen können. Dadurch fehlt den Gletschern ein Hindernis, wodurch sie schneller abfließen und an Volumen verlieren. Die besondere Lage der Gletscher und Schelfeise im Osten der gebirgigen, antarktischen Halbinsel führt dazu, dass starke Westwinde zum Beispiel in Form von atmosphärischen Flüssen zu einem Föhneffekt und damit zu Föhnstürmen führen, die den Zerfall der Schelfeise unterstützen.

Literaturverzeichnis

Carrasco, F. J., Bozkurt, D. & R. R. Cordero (2021): A review of the observed air temperature in the Antarctic Peninsula. Did the warming trend come back after the early 21st century hiatus?. – Polar Science, 28, 3.

Ding, Q. & E. J. Steig (2013): Temperature Change on the Antarctic Peninsula Linked to the Tropical Pacific. – Journal of Climate, 26, 7574.

Dorling Kindersley RF/ Thinkstock (2022): Die Antarktis - Extreme am südlichen Ende der Welt, <<https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/antarktis/die-antarktis#undefined>> (Stand: 2022-02-28) (Zugriff: 2025-06-12).

Fraedrich, W. (2016): Spuren der Eiszeit. Landschaftsformen in Mitteleuropa. 2. Auflage. Berlin: Springer-Verlag.

Hagg, W. (2020): Gletscherkunde und Glazialgeomorphologie. Massen- und Energiebilanz von Gletschern. Berlin: Springer-Verlag.

National Snow and Ice Data Center (2008): online verfügbar: <<https://nsidc.org/sotc/iceshelves.html>> (Stand: 2008) (Zugriff: 2025-01-15).

Seehaus, T., Cook, A. J., Silva, A. B. & M. Braun (2018): Changes in glacier dynamics in the northern Antarctic Peninsula since 1985. – The Cryosphere, 12, 577, 585, 591.

Seehaus, T., Sommer, C., Dethinne, T. & P. Malz (2023): Mass changes of the northern Antarctic Peninsula Ice Sheet derived from repeat bi-static synthetic aperture radar acquisitions for the period 2013–2017. – The Cryosphere, 17, 4631.

Wille, J. D. et al. (2022): Intense atmospheric rivers can weaken ice shelf stability at the Antarctic Peninsula. – Communications Earth and Environment, 3, 90.