Name: Datum: Klasse:

Gletscherveränderungen in Antarktika

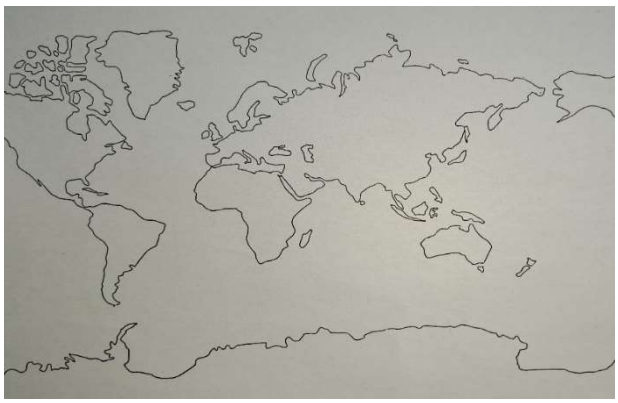
Gletscher schmelzen in zunehmendem Maße auf den Kontinenten der Erde. Im Gegensatz zum Meereis tragen die Gletscher zum Meeresspiegelanstieg bei, wenn sie schmelzen. Auch die Antarktis ist durch den Klimawandel von zunehmenden Temperaturen betroffen. Für die Forschung ergibt sich die Frage, in welchem Maße die antarktischen Gletscher abschmelzen und welche Faktoren zur Schmelze beitragen. Gehen Sie mit Hilfe der Ergebnisse aus der Forschung dieser Frage nach.

Abbildung 1: Thorsten Seehaus

Thorsten Seehaus studierte Physik an der Universität Würzburg und erlangte den Doktortitel in Geographie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) im Jahr 2016. Seine berufliche Laufbahn begann mit einer Ausbildung zum Mechatroniker, die er 2003 abschloss. Im Jahr 2012 trat er der Arbeitsgruppe *Geoinformationssysteme (GIS) und Fernerkundung* am Institut für Geographie der FAU bei, wo er derzeit als Leiter einer Nachwuchsforschungsgruppe tätig ist. Er nutzt hauptsächlich Satellitendaten, um Gletscherparameter wie Massenbilanzen, Fließgeschwindigkeiten und Flächenänderungen zu analysieren.

Abbildung 2: Gourdon Gletscher auf James Ross Island an der nord-westlichen Antarktischen Halbinsel (Foto: Thorsten Seehaus)

Die Lage von Antarktika



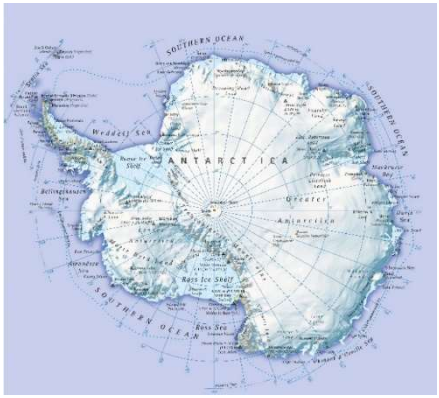


Abbildung 1: stumme Weltkarte/ Antarktika (Quelle: Dorling Kindersley RF/ Thinkstock)

Aufgabe 1: Antarktika liegt
- a) in den niederen Breiten
- b) in den hohen Breiten
- c) in den mittleren Breiten

Markieren Sie Antarktika auf der Weltkarte. Nutzen Sie einen Atlas, einen Globus oder Google Earth zur Unterstützung. Unterscheiden Sie West- und Ostantarktis.

Aufgabe 2: Kennzeichnen Sie auf den Karten die Lage der antarktischen Halbinsel. Nutzen Sie dafür einen Atlas oder einen Globus.

Aufgabe 3: Recherchieren und benennen Sie auf der Weltkarte Gebiete, in denen es umfangreiche Vergletscherung gibt.

Aufgabe 4: Recherchieren Sie im Internet, wo die deutsche Antarktisstation Neumeyer III liegt, und tragen Sie die Lage auf den Karten (Abb. 3) ein.

Name: Datum: Klasse:

Gletscherveränderungen in Antarktika

Gletscheraufbau I

Abbildung 2: Feldlager im Nährgebiet des Dinsmoor-Bombardier-Edgeworth Gletschersystem, einem ehemaligen Zufluss des Larsen-A Schelfeises, welches 1995 aufbrach (Foto: Thorsten Seehaus)

Infobox I Der Aufbau eines Gletschers

Ein Gletscher wird in zwei wesentliche Abschnitte aufgeteilt: das Nährgebiet und das Zehrgebiet. Das Nährgebiet befindet sich oberhalb der spätsommerlichen Schneegrenze, dort bildet sich Eis aus Schnee. Das Eis fließt langsam der Schwerkraft und dem Gefälle folgend hangabwärts. Unterhalb dieser Schneegrenze liegt das Zehrgebiet, in dem das Gletschereis in den Sommermonaten schmilzt. Die Sommermonate sind dort in der Regel schneefrei. Die Grenze zwischen dem Nähr- und Zehrgebiet heißt Gleichgewichtslinie. Die **Oberflächenstruktur** des Eises kann geschlossen sein oder Spalten aufweisen. Dies wird von der **Fließgeschwindigkeit** des Eises, der Eisdicke sowie dem **Relief** unter dem Eis beeinflusst. Durch das langsame Schmelzen des Eises wird Schmelzwasser freigesetzt, das den glazialen Abfluss bildet.[1] Das Eis führt Gesteinsschutt mit sich, der an der Gletscherfront ausschmilzt und Endmoränen bildet.

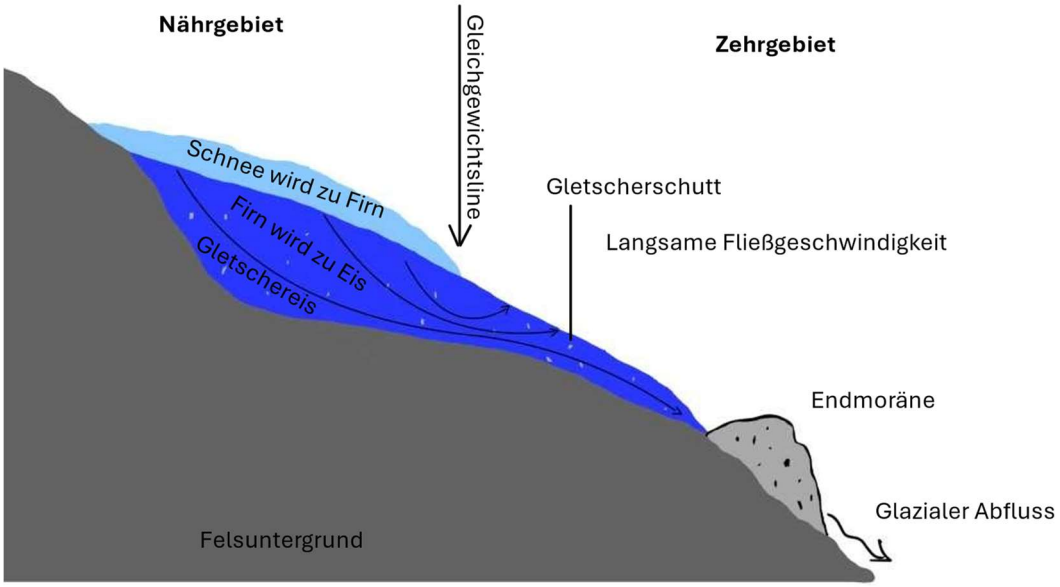


Abbildung 3: Schematischer Schnitt durch einen Gletscher (verändert nach Hagg 2020: 54)

[1] Fraedrich 2016: 11

Name: Datum: Klasse:

Gletscherveränderungen in Antarktika

Gletscheraufbau II

Abbildung 4: Ein Gletscher im Spätsommer (Foto: Rainer Lehmann)

- Aufgabe 1: Beschreiben Sie den Aufbau eines Gletschers anhand der Abbildung 5.
- Aufgabe 2: Zeichnen Sie mit Hilfe der Abbildung 5 das Nähr- und Zehrgebiet, die Lage der Gleichgewichtslinie und der Endmoräne in Abbildung 6 ein. Nehmen Sie dabei die Infobox zu Hilfe.
- Aufgabe 3: Erklären Sie, warum es sich in Abbildung 6 um einen sogenannten Talgletscher handelt. Recherchieren Sie, welche Art von Gletscher mit Eiskappe/Plateaugletscher, Eisschild/ Inlandeis und Schelfeis gemeint ist. Diskutieren Sie zu zweit das Ergebnis.
- Aufgabe 4: Ordnen Sie begründend die Gletscher A - D in der Abbildung 7 den genannten Gletschertypen zu.

A

B

C

D

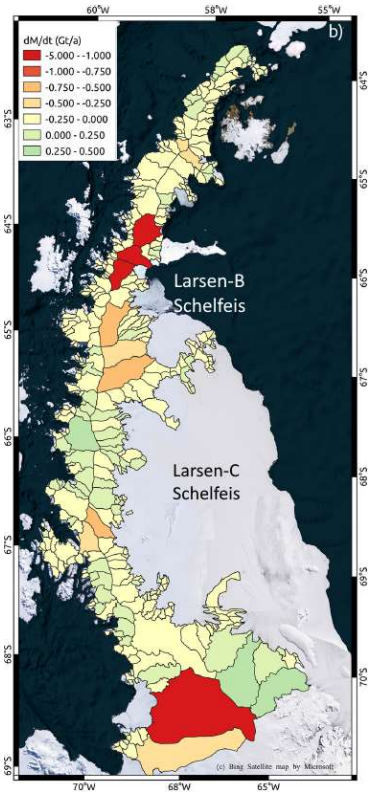
Abbildung 7: Verschiedene Gletschertypen (Fotos: Rainer Lehmann)

Name: Datum: Klasse:

Gletscherveränderungen in Antarktika

Gletscherveränderungen auf der antarktischen Halbinsel

Thorsten Seehaus: Gletscher sind ein zentraler Bestandteil des globalen Klimasystems, da sie langfristige Speicher von Süßwasser sind und durch ihre Massenänderungen den Meeresspiegel beeinflussen. Besonders die Antarktische Halbinsel ist eine wichtige Region für die Klimaforschung, da sie zu den sich am schnellsten erwärmenden Gebieten der Erde gehört, und die dortigen Gletscher sehr starken Veränderungen unterworfen sind.



Infobox I Gletscher auf der nördlichen antarktischen Halbinsel

Die Gletscher der Antarktis bewegen sich einige Hundert Meter pro Jahr, die Fließgeschwindigkeit kann aber auch mehrere Kilometer betragen. Befinden sich Gletscherzungen nicht auf dem Festland, sondern schwimmen auf dem Meer, wird eine gewaltige Eisplatte gebildet, das sogenannte Schelfeis (s. Abb. 9, 10). Dieses kann die Dicke eines Kilometers annehmen. Das größte Schelfeis Antarktikas ist das Ross-Schelfeis. Es erreicht eine Fläche, die fast so groß ist wie Frankreich.[1]

In den letzten fünf Jahrzehnten haben sich die klimatischen Bedingungen auch auf der antarktischen Halbinsel stark verändert.[1] Das Klima ist wärmer geworden.[1] Das hat schwerwiegende Auswirkungen auf die Eisdynamik. An der West- und Ostküste der antarktischen Halbinsel sind diese Veränderungen besonders an den Gletschern zu erkennen. In dem Zeitraum von 1985 bis 2015 konnten Forscherinnen und Forscher der Universität Erlangen-Nürnberg einen Rückgang der Gletscher feststellen und dokumentieren.[1]

Abbildung 8: Massenveränderung der Gletscher von 2013-2017 in Höhenänderungsraten, ausgedrückt in dh/dt (m/a) bzw. in Gigatonnen pro Jahr (Gt/a) (verändert nach Seehaus et al. 2023: 4631). Die Gletscher sind farbig und das Schelfeis ist weiß dargestellt. Große Eisverluste der Gletscher sind in rot (1 – 5 Gt/a) und Gewinne in grün (bis zu 0,5 Gt/a) ausgewiesen.

- Aufgabe 1: Fassen Sie den Text in der Infobox in drei Sätzen zusammen.
- Aufgabe 2: Erläutern Sie die Massenveränderung der Gletscher auf der antarktischen Halbinsel zwischen 2013 und 2017 mit Hilfe der Karte (Abbildung 8).
- Aufgabe 3: Recherchieren Sie im Internet den Einfluss des Klimawandels auf die Antarktis.
  https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/antarktis/die-antarktis/das-klima-der-antarktis/klimawandel-in-der-antarktis#undefined
  https://www.zdf.de/nachrichten/wissen/antarktis-entstehung-eis-klimawandel-100.html

Name: Datum: Klasse:

Gletscherveränderungen in Antarktika

Veränderungen am Beispiel des Larsen-B Schelfeises

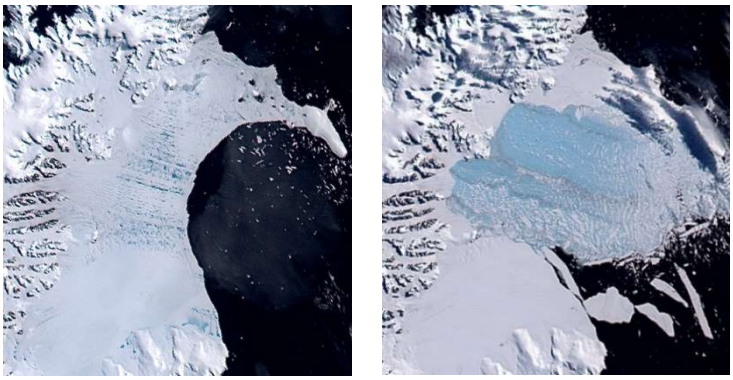


Abbildung 9: Das Larsen-B Schelfeis, (a) 31. Januar 2002, (b) 7. März 2002 (NASA warth observatory)

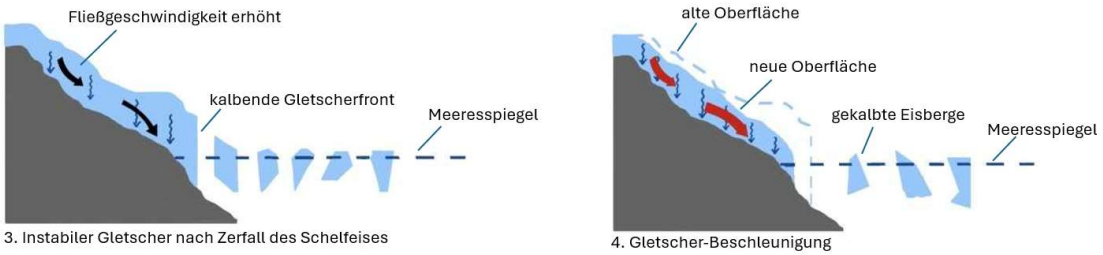


Abbildung 10: Der Prozess der Gletscherveränderung (verändert nach National Snow and Ice Data Center 2008)

- Aufgabe 1: Lokalisieren Sie das Larsen-B Schelfeis anhand der Abbildung 8.
- Aufgabe 2: Beschreiben Sie die Fotos und diskutieren Sie zu zweit, was auf den Fotos zu erkennen ist (Abbildung 9).
- Aufgabe 3: Erklären Sie den Prozess von dem linken zum rechten Bild (Abbildung 9) in einem kurzen Text. Nutzen Sie dabei Abbildung 10 zur Unterstützung und ordnen Sie die Fotos aus Abbildung 9 bestimmten Situationen aus Abbildung 10 zu.
- Aufgabe 4: Stellen Sie eine Hypothese auf, wieso dieser Prozess problematisch sein könnte.

Name: Datum: Klasse:

Gletscherveränderungen in Antarktika

Fernerkundungsmethoden

Infobox I Fernerkundung

Abbildung 11: Eisdickenmessungen am Gourdon Gletscher mit einem Eisdickenrader, welches unter einem Helikopter der argentinischen Luftwaffe hängt (Foto: Thorsten Seehaus)

Fernerkundungsmethoden, dabei insbesondere Radar-Satellitenbilder, spielen eine entscheidende Rolle bei der Untersuchung von Gletschern. Sie ermöglichen eine wetterunabhängige Erfassung von Gletscherdaten, selbst in abgelegenen und schwer zugänglichen Regionen wie der Antarktischen Halbinsel. Die Analyse von Radar-Daten erlaubt es, Schnee- und Eisdichte, die Fläche und ihre Veränderungen, zu erfassen, was für das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Gletschern und Klima unerlässlich ist. Diese Informationen sind essenziell, um zukünftige Entwicklungen wie den Meeresspiegelanstieg vorherzusagen und geeignete Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu entwickeln. Die Flächendaten, auch von Helikopter-Messungen, (Abb. 8, 11) werden mithilfe von Geländemodellen und Dichtemessungen (Abb. 12) in Volumendaten umgerechnet (Thorsten Seehaus).

Abbildung 12: Schneeschacht zur Bestimmung der Schneeakkumulation und des Dichteprofils auf der Eiskappe von James-Ross-Island (Foto: Thorsten Seehaus)

Aufgabe 1: Markieren Sie wichtige Textpassagen in der Infobox. Informieren Sie sich zur Methodik der Messungen von Eisdicken aus der Luft (A), mittels Satelliten-Messungen (B), dem Programm ESA CryoSat-2 (C) und der Ground Penetration Radar-Methodik (GPR) (D).

A) https://www.meereisportal.de/wissen/meereismessungen/messungen-aus-der-luft

B) https://www.meereisportal.de/wissen/meereismessungen/messungen-aus-dem-weltall/laseraltimeter

C) https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2010/02/CryoSat-2_VNR

D) https://www.sensoft.ca/de/georadar/ice-road-bridge-thickness/

Aufgabe 2: Stellen Sie die jeweilige Methode der Klasse mittels einer Powerpoint-Präsentation oder eines Videos/Podcasts vor. Nutzen Sie dabei Abbildungen aus Ihren jeweiligen Quellen.

A) B) C) D)

Name: Datum: Klasse:

Gletscherveränderungen in Antarktika

Veränderung der Gletscherfläche auf der antarktischen Halbinsel

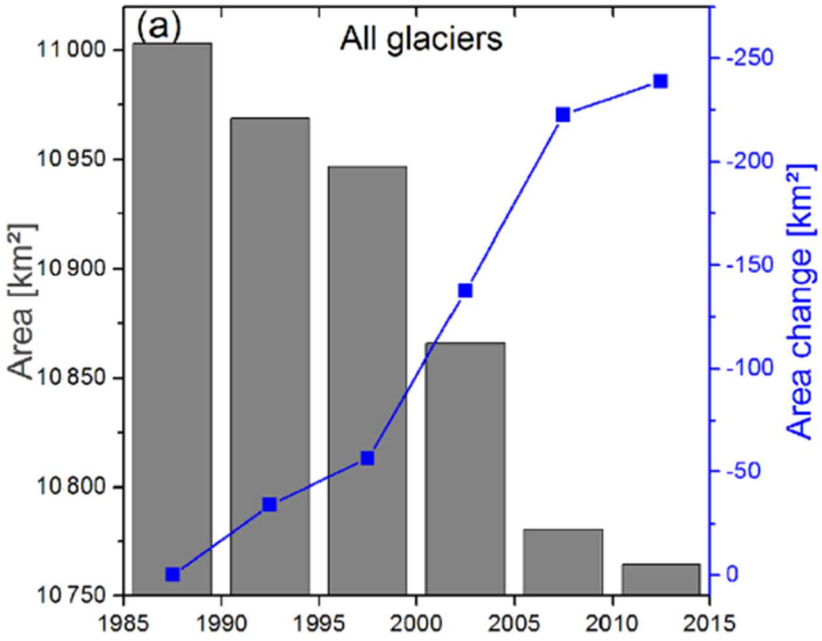


Abbildung 13: Veränderung der Gletscherfläche zwischen 1985 und 2015 im Bereich der nördlichen antarktischen Halbinsel (Seehaus et al. 2018: 587)

- Aufgabe 1: Beschreiben Sie die Abbildung 13. Betrachten Sie dabei besonders den Verlauf von 1985-1995 und 1995-2007.
- Aufgabe 2: Stellen Sie eine Hypothese auf, die den Datenverlauf erklärt. Nutzen Sie dazu die Abbildungen 8, 9 und 10.
- Aufgabe 3: Die Veränderung der Fläche nimmt ab dem Jahr 2007 ab. Entwickeln Sie eine Hypothese, woran das liegen könnte.
- Aufgabe 4: Berechnen Sie die Veränderungen zwischen 1985 und 2015 in Prozent und bewerten Sie die Verluste. Berechnen Sie anschließend den Zeitraum, bis wann die Gletscher weggeschmolzen sind. Nehmen Sie in einem Text für eine Zeitung Stellung zu der Frage, ob das viel bzw. wenig Eis ist.
- Aufgabe 5: Vergleichen Sie die verlorene Gletscherfläche mit der Fläche der Stadt, in der die Schule liegt bzw. einer deutschen Stadt in der Nähe des Schulortes (z.B. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1233769/umfrage/flaeche-der-grossstaedte-deutschlands/)
- Aufgabe 6: Welche Auswirkungen können die aufgezeigten Gletscherveränderungen insgesamt auf die Umwelt haben? Diskutieren Sie mit Ihrer/m Sitznachbarin/n.
- Aufgabe 7: Stellen Sie vor dem Hintergrund der gewonnenen Kenntnisse eine Hypothese auf, wie sich die antarktische Eiskappe verändern würde, wenn das Ross-Schelfeis kollabieren würde (Lage siehe Atlas).

Name: Datum: Klasse:

Gletscherveränderungen in Antarktika

Ursachen der Veränderung der Gletscherfläche auf der antarktischen Halbinsel

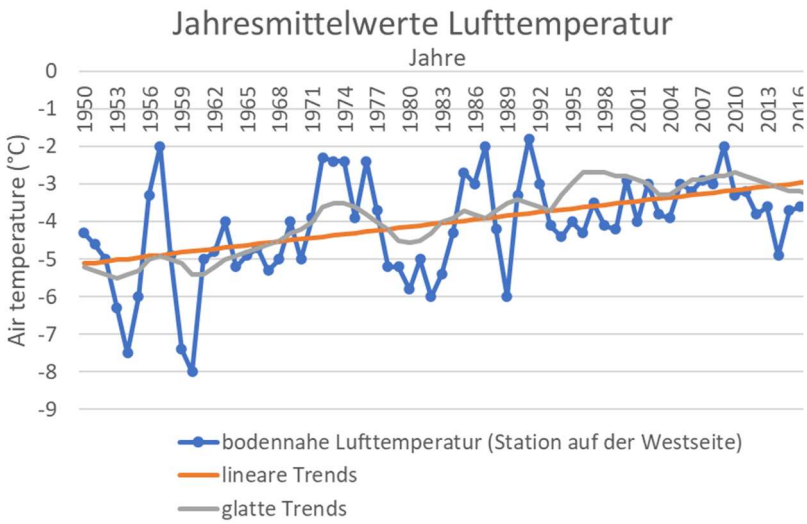


Abbildung 14: Temperaturveränderungen an der Westküste der antarktischen Halbinsel, Forschungsstation Wernadsky (verändert nach: Carrasco et al. 2021: 3)

Aufgabe 1: Beschreiben Sie Abbildung 14 und treffen Sie eine Aussage zur Temperaturveränderung auf der antarktischen Halbinsel seit 1950.

Aufgabe 2: Beschreiben Sie Abbildung 15 detailliert und erläutern Sie den atmosphärischen Effekt, um den es sich bei dem dargestellten Phänomen handelt in einem eigenen Text (siehe auch Infobox). Vergleichen Sie ihn mit einem ähnlichen Effekt in Mitteleuropa.

Aufgabe 3: Erarbeiten Sie in Kleingruppen mithilfe der Erkenntnisse aus den vorherigen Aufgaben eine Hypothese, die den Zerfall des Larsen-B Schelfeises erklärt. Stellen Sie die Hypothesen dann dem Plenum vor.

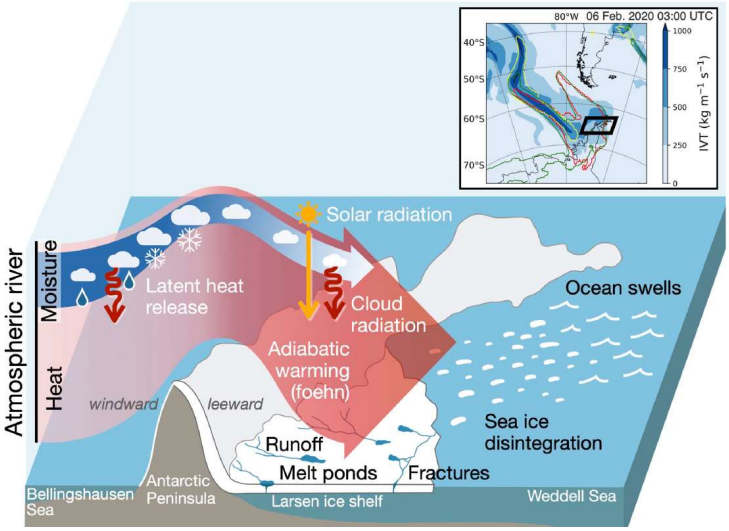


Abbildung 15: Einfluss atmosphärischer Flüsse auf den Zerfall des Larsen-B Schelfeises an der antarktischen Halbinsel (Wille et al. 2022)

Infobox I Atmosphärische Flüsse

Atmosphärische Flüsse sind eher schmale, aber lange Luftströmungen in 1-2 km Höhe, die viel Feuchtigkeit mit sich führen. Sie sind mehrere Hundert Kilometer breit und wenige Tausend Kilometer lang. Ihr Ursprung liegt in den Subtropen, und sie transportieren viel Wasser in die mittleren Breiten (Deutscher Wetterdienst).

Aktuelle Forschungen haben gezeigt, dass atmosphärische Flüsse in 13 von 21 Kalbungsereignissen zwischen 2000 und 2022 Einfluss auf das Larsen-Schelfeis hatten (Wille et al. 2022).

Name: Datum: Klasse:

Gletscherveränderungen in Antarktika

Aufgaben zur Selbstüberprüfung

- Aufgabe 1: Erklären Sie in wenigen Sätzen, was sie unter einem Gletscher verstehen und beschreiben Sie den Aufbau.
- Aufgabe 2: Erläutern Sie die Auswirkungen der klimatischen Veränderungen auf der antarktischen Halbinsel auf Schelfeise und Gletscher und begründen Sie, warum auch die geographische Situation des Larsen-B Eisschelfs zu dessen Kollaps geführt hat.