

## Umweltrisiken durch menschliches Verhalten

Übergreifende Bildungs- und Erziehungsziele	Digitale Bildung Politische Bildung Bildung für Nachhaltige Entwicklung
Zeitraumen	2 Unterrichtsstunden
Benötigtes Material/ Medien	Digitales Endgerät mit Internetanschluss zum Abrufen der angegebenen Internetlinks

### Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler

- werten selbstständig Karten, Bilder und Diagramme aus, um Strukturen und Prozesse sichtbar zu machen.
- recherchieren und verarbeiten Informationen aus wissenschaftlichen Publikationen und erstellen aus Datenmaterial eigene graphische Darstellungen.
- beurteilen die Aussagekraft von Datensätzen wissenschaftlicher Publikationen.
- wenden gezielt fachspezifische Strategien an, um komplexe Fragestellungen lösen zu können.
- präsentieren geographische Erkenntnisse unter Einbeziehung digitaler Medien.

### Aufgabe 1 Wetterextreme in Grönland

#### Aufgabe 1.1

Das vorliegende Luftbild (Material 1.1) zeigt einen sogenannten Auslassgletscher des grönländischen Inlandeises. Informieren Sie sich zunächst unter Zuhilfenahme geeigneter Medien darüber, was man unter den folgenden Fachbegriffen versteht, und ordnen Sie sie anschließend den entsprechenden Bildbereichen zu!

**ältere Endmoräne – jüngere Endmoräne – subrezente Grundmoräne – Längsspalten – rezente Seitenmoräne – rezente Endmoräne – rezentes Feinsediment**

## Material 1.1 Auslassgletscher



Foto: M. Wiese 2019 (privates Bildarchiv; Bildrechte freigegeben)



## Aufgabe 1.2

Erklären Sie auf der Basis von Material 1.2, inwiefern sich Grönland seit einigen Jahren in einem atmosphärischen Ausnahmezustand befindet!

### Material 1.2 Geomar: Grönland – Regen löst vermehrt Schneeschmelze aus

<https://www.geomar.de/news/article/groenland-regen-loest-vermehrt-eisschmelze-aus>

(zuletzt aufgerufen am 13.10.2022)

## Aufgabe 2 Monitoring

### Aufgabe 2.1

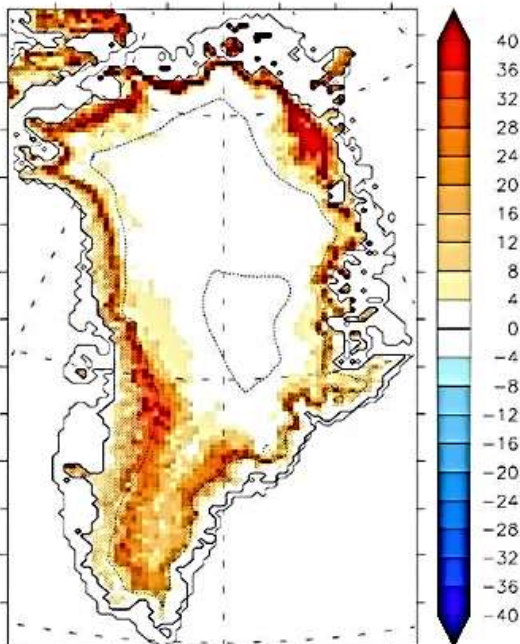
Im Jahr 2019 lag über Grönland ein ungewöhnlich stabiles Hochdruckgebiet, das für ein witterungsbedingt extremes Jahr auf der Insel sorgte. Beschreiben Sie anhand der vier Karten die Abweichungen zum langjährigen Mittelwert (Erklärung: JJA entspricht den Monaten Juni, Juli, August)!

### Material 2.1 Grönlands Rekordschmelze

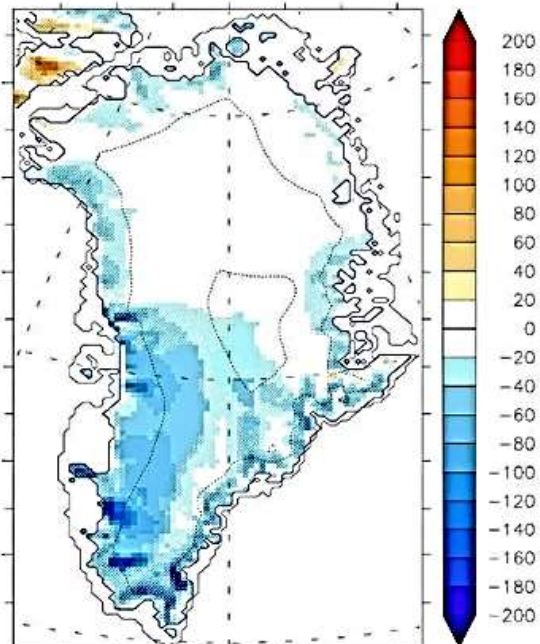
(siehe S. 4)

Hinweise zu den in der folgenden Grafik verwendeten Abkürzungen und Maßeinheiten:

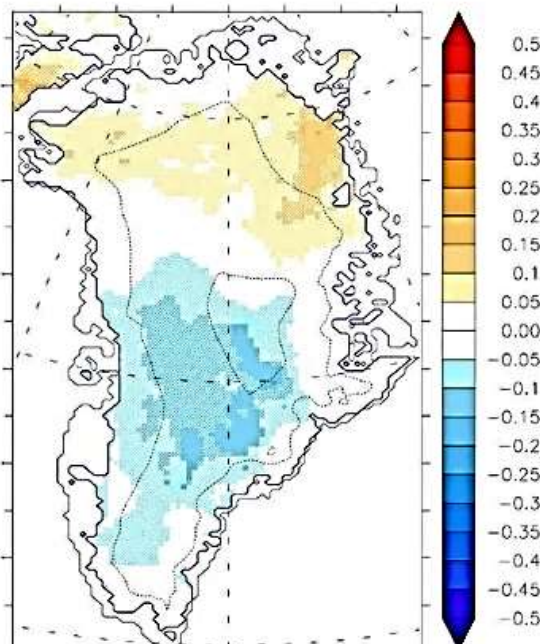
- *Nbr days* > *number of days* (Tage)
- *mmWE* > *water equivalent in milimetres* (Millimeter Wassersäule)
- *K* > *Kelvin* (Temperaturmaßeinheit; für die in Material 2.1 dargestellte Temperaturanomalie gilt: 1 K entspricht 1 °C)



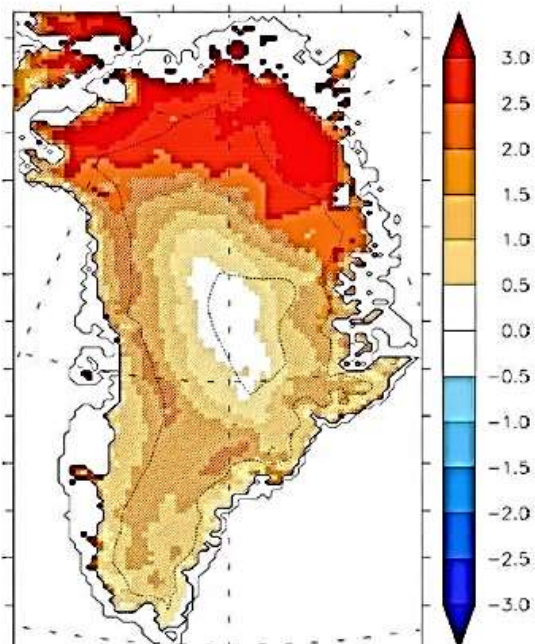
Reference period: 1981-2010  
2019 JJA melt extent anomaly (Nbr days)



Reference period: 1981-2010  
2019 JJA snow fall anomaly (mmWE)



Reference period: 1981-2010  
2019 JJA cloudiness anomaly (-)



Reference period: 1981-2010  
2019 JJA 2m-temperature anomaly (K)

(© Tedesco and Fettweis, 2019)



## Aufgabe 2.2

Vergleichen Sie Ihre erworbenen Erkenntnisse mit den aktuellen Daten und den Medianwerten des National Snow & Ice Data Center (Material 2.2)!

### Material 2.2 Greenland surface melt extent interactive chart

<https://nsidc.org/greenland-today/greenland-surface-melt-extent-interactive-chart/>

(zuletzt aufgerufen am 13.10.2022)

## Aufgabe 2.3

Beurteilen Sie die Verlässlichkeit der Aufgabe 2 zugrundeliegenden Daten, indem Sie die Informationen zu den Datensätzen heranziehen (Material 2.3)!

### Material 2.3 About the data

<https://nsidc.org/greenland-today/about-the-data/>

(zuletzt aufgerufen am 13.10.2022)

## Aufgabe 3 Ökologische Folgewirkungen

Erstellen Sie eine geeignete grafische Darstellung (z. B. *concept map*) aus den in Material 3.1 ersichtlichen ökologischen Folgewirkungen des Abschmelzens des Grönlandeises sowohl für Grönland als auch weltweit. Stellen Sie Ihr Diagramm zur Diskussion, indem Sie es erläutern!

### Material 3.1 Ausgewählte ökologische Folgewirkungen

- Auftauen der Permafrostböden
- Erhöhung der Primärproduktion von Biomasse
- Absenkung der Albedo und damit Erhöhung der globalen Rückstrahlung
- Längere Vegetationsperiode
- Änderung der bodenbildenden Prozesse
- Änderung der Meeresströmungen, z. B. Abschwächung des Golfstroms
- Verstärkung von Schmelzprozessen durch geringere Albedo
- Anstieg des Meeresspiegels
- Verstärkung von Erosionsprozessen
- Verdrängung von Tierarten



## Aufgabe 4 Geoengineering

Beschreiben Sie arbeitsteilig die in Material 4.1 dargestellten Methoden des Geoengineerings und arbeiten Sie Chancen und Grenzen des Beitrages zur Eindämmung des Klimawandels heraus!

- Gruppe 1: *Solarradiation Management (SRM)*
- Gruppe 2: *Carbon Dioxide Removal (CDR)*

### Material 4.1 Deutsches Klimakonsortium: Geoengineering

<https://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/klimafaq-7-3.html>

(zuletzt aufgerufen am 13.10.2022)

## Aufgabe 5 Wirtschaftliche Perspektiven Grönlands

Grönland wird aufgrund seines Erzreichtums ein wirtschaftlicher Aufschwung vorausgesagt. Dieser wird jedoch begleitet von zahlreichen Herausforderungen und Problemen.

Hinterfragen Sie daher diese Prognose, indem Sie ausgehend von Karte 5.1 Grenzen und Schwierigkeiten der Rohstofferschließung aufzeigen!



### Karte 5.1 Erreiche Zukunft

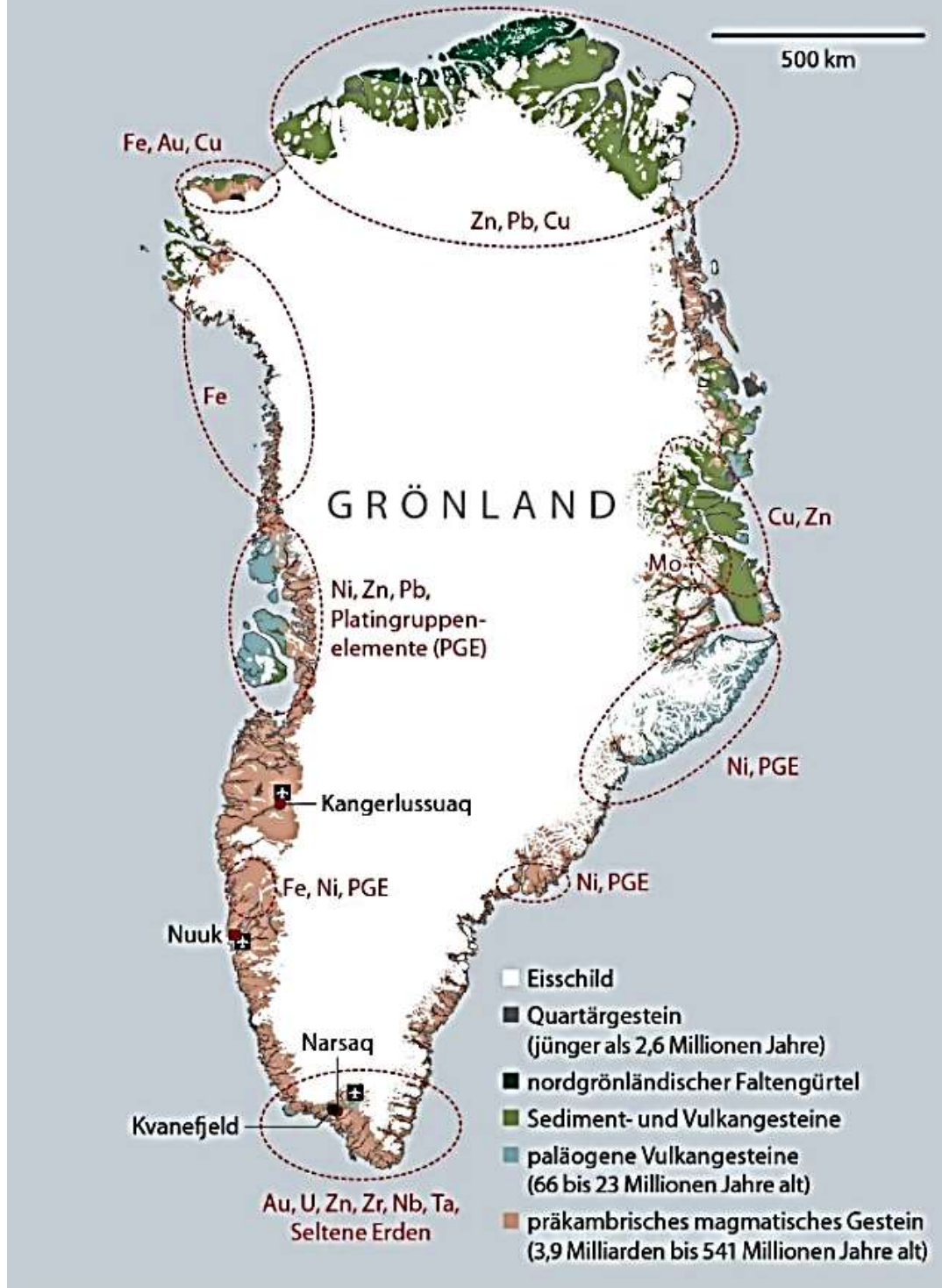
(Bildnachweis: Modifiziert und übersetzt von einer vereinfachten Karte des Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS))

Hinweis:

Für eine bessere Lesbarkeit ist die Karte 5.1 auf der folgenden Seite vergrößert dargestellt.

## ERZREICHE ZUKUNFT

Grönland ist die größte Insel der Erde, doch leben dort nur 56 000 Menschen. Das Interesse, die reichen mineralischen Schätze der Insel abzubauen, nimmt zu. Das könnte dazu beitragen, dass Grönland wirtschaftlich unabhängig von Dänemark wird.



(Bildnachweis: Modifiziert und übersetzt von einer vereinfachten Karte des Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS))

## Lösungsvorschläge zu den Aufgaben für die Lehrkräfte

### Aufgabe 1 Wetterextreme in Grönland

#### Aufgabe 1.1

Das vorliegende Luftbild (Material 1.1) zeigt einen sogenannten Auslassgletscher des grönländischen Inlandeises. Informieren Sie sich zunächst unter Zuhilfenahme geeigneter Medien darüber, was man unter den folgenden Fachbegriffen versteht, und ordnen Sie sie anschließend den entsprechenden Bildbereichen zu!

**ältere Endmoräne – jüngere Endmoräne – subrezente Grundmoräne – Längsspalten – rezente Seitenmoräne – rezente Endmoräne – rezentes Feinsediment**

#### Material 1.1 Lösung Auslassgletscher

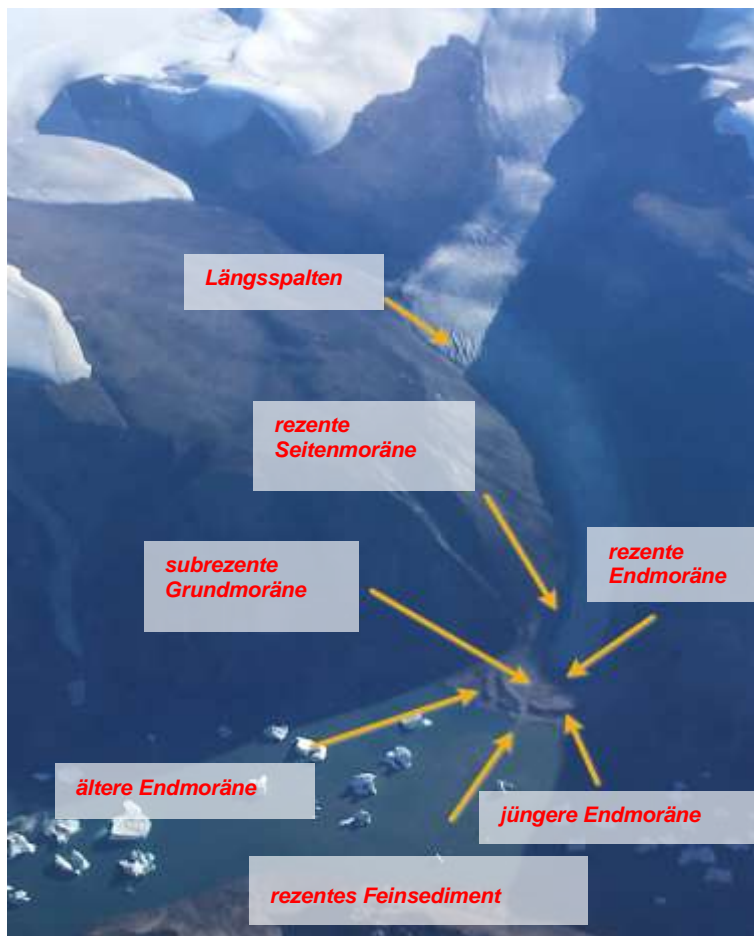


Foto: M. Wiese 2019 (privates Bildarchiv; Bildrechte freigegeben)



## Aufgabe 1.2

Erklären Sie auf der Basis von Material 1.2, inwiefern sich Grönland seit einigen Jahren in einem atmosphärischen Ausnahmezustand befindet!

- *seit 1990 Zunahme der Sommertemperaturen bis zu 1 ° C im Winter bis zu 3 ° C*
- *Zunahme des Niederschlags und damit Zunahme von Schmelzereignissen, sogar im Winter*
- *Niederschlag fällt zunehmend in Form von Regen*
- *verstärkte Südwinde mit Transport feucht-warmer Luft und damit Wolkenbildung*
- *gefrierender Regen verwandelt Schnee in dunklere Eismassen; daher Verringerung der Albedo, dadurch Erhöhung der Temperatur*

## Aufgabe 2 Monitoring

### Aufgabe 2.1

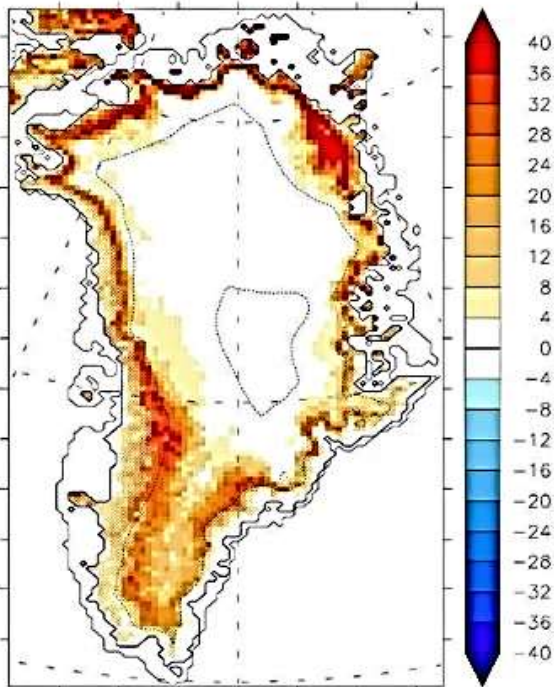
Im Jahr 2019 lag über Grönland ein ungewöhnlich stabiles Hochdruckgebiet, das für ein witterungsbedingt extremes Jahr auf der Insel sorgte. Beschreiben Sie anhand der vier Karten die Abweichungen zum langjährigen Mittelwert (Erklärung: JJA entspricht den Monaten Juni, Juli, August)!

### Material 2.1 Grönlands Rekordschmelze

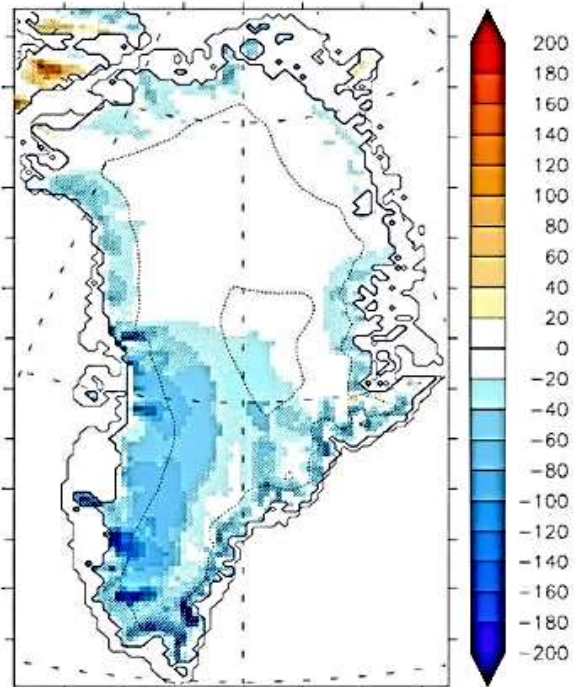
(siehe S. 5)

Hinweise zu den in der folgenden Grafik verwendeten Abkürzungen und Maßeinheiten:

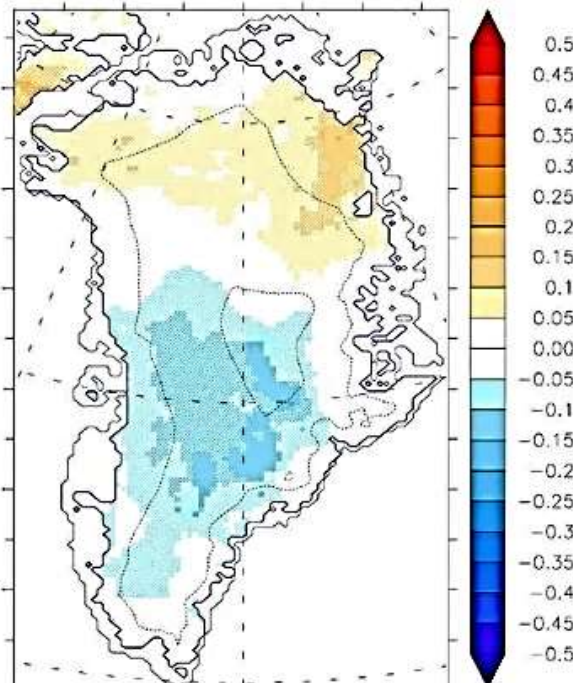
- *Nbr days > number of days (Tage)*
- *mmWE > water equivalent in millimetres (Millimeter Wassersäule)*
- *K > Kelvin (Temperaturmaßeinheit; für die in Material 2.1 dargestellte Temperaturanomalie gilt: 1 K entspricht 1 °C)*
  
- *im Sommer starke Zunahme der Anzahl der Tage mit Eisschmelze in küstennahen Regionen, insbesondere im Norden*
- *Verringerung der sommerlichen Schneefallmenge um bis zu 200 mm, vor allem auf der Südhälfte Grönlands*
- *Abnahme der Bewölkung in den Sommermonaten im südlichen Binnenraum, Zunahme im Norden*
- *außer in der Eismitte deutlich erhöhte Sommertemperatur, insbesondere in Nordgrönland*



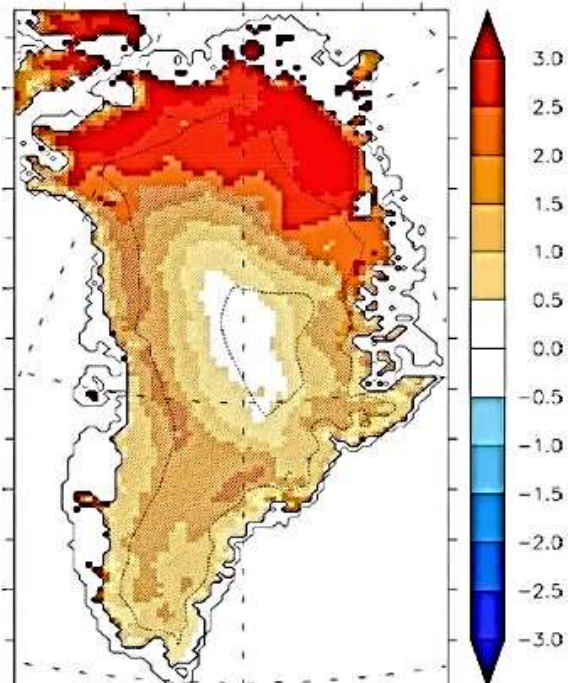
Reference period: 1981-2010  
2019 JJA melt extent anomaly (Nbr days)



Reference period: 1981-2010  
2019 JJA snow fall anomaly (mmWE)



Reference period: 1981-2010  
2019 JJA cloudiness anomaly (-)



Reference period: 1981-2010  
2019 JJA 2m-temperature anomaly (K)



## Aufgabe 2.2

Vergleichen Sie Ihre erworbenen Erkenntnisse mit den aktuellen Daten und den Medianwerten des National Snow & Ice Data Center (Material 2.2) ab!

- *Ergebnisse abhängig vom Abrufdatum*
- *Schülerinnen und Schüler können in der Regel eine Zunahme der Schmelzvorgänge in den letzten Jahren ablesen und Bezug zu den Wetteranomalien 2019 herstellen*
- *Schülerinnen und Schüler können im Vergleich mit den dort hinterlegten Medianwerten eine deutliche Zunahme der Extremschmelzereignisse erkennen*
- *kurze Diskussion der Ergebnisse im Plenum*

## Aufgabe 2.3

Beurteilen Sie die Verlässlichkeit der Aufgabe 2 zugrundeliegenden Daten, indem Sie die Informationen zu den Datensätzen heranziehen (Material 2.3)!

- *Datenerfassung annähernd in Echtzeit*
- *Berechnung auf eine 25 km<sup>2</sup>-Rasterzelle*
- *bei fehlenden Daten Anwendung von Durchschnittswerten*
- *grobe Auflösung, allerdings hinreichend zuverlässiges Bild für Gesamtgrönland*

## Aufgabe 3 Ökologische Folgewirkungen

Erstellen Sie eine geeignete grafische Darstellung (z. B. *concept map*) aus den in Material 3.1 ersichtlichen ökologischen Folgewirkungen des Abschmelzens des Grönlandeises sowohl für Grönland als auch weltweit. Stellen Sie Ihr Diagramm zur Diskussion, indem Sie es erläutern!

*Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre jeweilige Lösung im Plenum, diskutieren die unterschiedlichen Ansätze, überprüfen Sie auf Logik und Sinnhaftigkeit der Darstellung. Bewusst wird hier auf einen konkreten Lösungsansatz verzichtet, da die Individuallösungen der Schülerinnen und Schüler im Fokus stehen und es daher keine „einzig richtige“ Lösung geben kann.*

## Aufgabe 4 Geoengineering

Beschreiben Sie arbeitsteilig die in Material 4.1 dargestellten Methoden des Geoengineerings und arbeiten Sie Chancen und Grenzen des Beitrages zur Eindämmung des Klimawandels heraus!

- Gruppe 1: *Solarradiation Management (SRM)*
- Gruppe 2: *Carbon Dioxide Removal (CDR)*
- *Definition Geoengineering: Methoden und Technologien, um zielgerichtet in das Klimasystem einzugreifen*

- *Gruppe 1: Solarradiation Management (SRM):  
Verstärkung des Reflexionsvermögens der Erde z.B. durch Installation von Spiegeln, Einbringung von Aerosolen in die Stratosphäre, Aufhellung von Wolken über dem Meer, Ozeanaufhellung durch Mikrobläschen, Anbau von Nutzpflanzen mit höherer Albedo, Weißfärbung von Dächern  
Chancen: Verringerung der Durchschnittstemperatur der Atmosphäre aufgrund geringerer Absorption der Sonnenstrahlung und verstärkte Reflexion  
Grenzen: Sonneneinstrahlung nur tagsüber, unerwünschte Auswirkungen nicht vorhersehbar, regional unterschiedliche Reaktionen auf SRM-Maßnahmen möglich*
  
- *Gruppe 2: Carbon Dioxide Removal (CDR): Veränderung der atmosphärischen und ozeanischen CO<sub>2</sub>-Konzentration, z.B. durch direkte CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Luft, Kohlendioxidabscheidung und Speicherung bei der Energieerzeugung, Aufforstung, Ozeandüngung, Erhöhung der Alkalität der Ozeane, Beschleunigung von Verwitterungsprozessen  
Chancen: Reduktion der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre, Reduktion der Ozeanversauerung  
Grenzen: Unsicherheit bei Lagerungsdauer und -kapazität von Kohlenstoff, Nebeneffekte auf Klima und Umwelt: Verstärkte Emission von N<sub>2</sub>O, konkurrierende Nutzungsansprüche (z.B. Aufforstung), hohe Kosten*
  
- *Fazit: Geoengineering als theoretischer Beitrag zur Korrektur der Klimaerwärmung bei sehr unsicheren Folgewirkungen*

### Aufgabe 5 Wirtschaftliche Perspektiven Grönlands

Grönland wird aufgrund seines Erzreichtums ein wirtschaftlicher Aufschwung vorausgesagt. Dieser wird jedoch begleitet von zahlreichen Herausforderungen und Problemen.

Hinterfragen Sie daher diese Prognose, indem Sie ausgehend von Karte 5.1 Grenzen und Schwierigkeiten der Rohstofferschließung aufzeigen!

- *im Norden Grönlands geringe Erreichbarkeit der Explorationsgebiete aufgrund der Eisbedeckung und Meereisbildung*
- *extreme Witterungsbedingungen mit gesundheitlichen Risiken für die Arbeitenden*
- *fehlende Infrastruktur für Erschließung, Abbau und Transport der Erze und zur Versorgung der Arbeitskräfte*
- *Eingriff in kaum berührte Natur und damit in ein sensibles Ökosystem mit der Gefahr von Einschleppung von Schädlingen und Schadstoffen*



### Weiterführende Quellen- und Literaturangaben zum Thema Grönland

- Tedesco, M; Fettweis, X. (2019): Unprecedented atmospheric conditions (1948–2019) drive the 2019 exceptional melting season over the Greenland ice sheet. In: The Cryosphere 14 (2020): 1209-1223.
- Webseiten des *National Snow and Ice Data Center (NSIDC)* zum Thema Grönland:  
<http://nsidc.org/greenland-today/greenland-today-data-and-analysis-tools/>  
<https://nsidc.org/cryosphere/education-resources/>  
<https://nsidc.org/greenland-today/category/daily-images/>  
<https://nsidc.org/greenland-today/greenland-surface-melt-extent-interactive-chart/>  
<https://greenland-measures.labs.nsidc.org/>
- BR alpha:  
<https://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/schulfernsehen/groenland-erdbeeren-polarkreis-100.html>  
<https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/faktenfuchs-wenig-co2-grosse-wirkung,RWwDmXy>  
<https://www.br.de/nachrichten/wissen/klimawandel-die-wichtigsten-co2-fakten-visualisiert,RbqFZV0>  
<https://www.br.de/nachrichten/wissen/faktenfuchs-kommt-eine-neue-kleine-eiszeit,RbIEU9y>
- Deutsches Klimakonsortium:  
<https://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/klimafaq-7-3.html>