

4.7 Klimaszenarien: Der Blick in unsere Klimazukunft

Das globale Klima bis Ende dieses Jahrhunderts

Lernaufgabe 1

Bildet Dreiergruppen. Diskutiert die folgenden Fragen:

- Rechnet aus, wie alt ihr im Jahr 2060 seid.
 - Wie wird das Klima in eurer Region dann wohl sein? Bezieht in eure Überlegungen alles mit ein, was ihr bis jetzt über die Gründe und Auswirkungen des Klimawandels in den Regionen Davos und Parc Ela gelernt habt.
 - Bei euren Überlegungen geht ihr wahrscheinlich von einer Welt aus, wie sie heute ist. Welche Faktoren, die Einfluss auf das Klima haben und die wir heute noch nicht kennen, könnten sich ändern? Und was würde das für das Klima der Zukunft bedeuten?
 - Diskutiert eure Überlegungen in der Klasse.
- c) Lest anschliessend den folgenden Text.

Klimaszenarien - mögliche Entwicklungen des Klimas in der Zukunft

Die Klimaforschung arbeitet an den gleichen Fragen, die ihr euch in der Lernaufgabe gestellt habt. Sie versucht, die zukünftige Klimaentwicklung wissenschaftlich zu beschreiben und die Veränderungen im Vergleich zu heute abzuschätzen. Dafür verwendet sie komplexe mathematische Gleichungen, die zu sogenannten Klimamodellen zusammengefasst werden. Mit diesen Modellen werden dann die zukünftigen **Klimaszenarien** berechnet. Sie sind nichts anderes als die Ergebnisse von Computersimulationen. Die Berechnung der Klimazustände bis zum Ende dieses Jahrhunderts ist allerdings mit Unsicherheiten verbunden, da man viele zukünftige Entwicklungen, die ebenfalls auf das Klima wirken, heute noch nicht kennt.

Solche Unsicherheiten sind zum Beispiel:

- Wie stark wird die Weltbevölkerung anwachsen? Wie werden die Menschen in Zukunft leben und wirtschaften? Wie viele Tonnen Treibhausgase werden sie durch ihre Tätigkeiten (Stromverbrauch, Nutzung von fossilen und erneuerbaren Energiequellen, Konsumverhalten, Landwirtschaft, industrielle Produktion, usw.) freisetzen?
- Wie viel von diesen Treibhausgasen wird durch den Planeten Erde selbst, z.B. durch den Kohlenstoffkreislauf (siehe Lernsequenz 1.3), aufgenommen und wie viel verbleibt in der Atmosphäre und verstärkt den menschengemachten Treibhauseffekt?
- Wie reagiert das Klimasystem wirklich auf immer höhere Treibhausgasmengen (= Konzentrationen)? Gibt es vielleicht Reaktionen, die die Wissenschaft heute bei ihren Berechnungen falsch oder gar nicht berücksichtigt hat?

Je nachdem, von welchen Annahmen man ausgeht, werden die Treibhausgaskonzentrationen in Zukunft weniger oder stärker ansteigen. Deshalb gibt es auch mehrere Möglichkeiten, wie sich das Klima entwickeln könnte, genannt **Klimaszenarien**. Klimaszenarien zeigen die Folgen einer festgelegten Entwicklung auf und funktionieren nach dem Wenn-dann-Prinzip: *«Wenn die Weltbevölkerung von heute 7.8 Milliarden (2020) auf 10 Milliarden im Jahr 2100 anwächst und weiterhin so viele fossile Energieträger wie heute verbrannt werden, wird die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre um x Prozent zunehmen, was zu einer Erwärmung um y Grad Celsius führen würde.»*.

Die **Klimaszenarien** dienen Regierungen als Grundlage für Entscheidungen und als Planungsgrundlagen. Solche Entscheidungen sind zum Beispiel die Klimastrategie des Bundes oder das CO₂-Gesetz, das festlegt, wie und um wieviel die CO₂-Emissionen sinken müssen, um den Klimawandel zu bremsen (siehe Lernsequenz 4.6). Planungsgrundlagen sind zum Beispiel Gefahrenkarten oder Empfehlungen für den Umgang mit Hitze, die zur Anpassung an den Klimawandel notwendig werden.

Lernaufgabe 2

Fasse mit Stichworten zusammen, was ein Klimaszenario ist.

Verschiedene globale Klimaszenarien (RCP-Szenarien)

Die Schweiz hat sich 2015 im Klimaabkommen von Paris dazu verpflichtet, ihren CO₂-Ausstoss in den kommenden Jahrzehnten stark zu senken (siehe Lernsequenz 4.6). Damit will die Schweiz und mit ihr auch der Kanton Graubünden einen Beitrag leisten, den **globalen Temperaturanstieg** auf deutlich unter 2 °C bis Mitte dieses Jahrhunderts zu begrenzen. Dieser Temperaturanstieg von 2°C gegenüber der vorindustriellen Zeit ist in den Regionen Davos und Parc Ela bereits im Jahr 2018 erreicht worden. Der Alpenraum erwärmt sich viel rascher als die Erde insgesamt. Es sind die kühlenden Meere, die für den Unterschied sorgen.

Die Forschung hat verschiedene Klimaszenarien entwickelt, mit denen sie beschreibt, welche Folgen zu erwarten sind, wenn der Klimaschutz nicht ernstgenommen und umgesetzt wird. Sie hat dabei die weltweite Situation im Blick und verwendet globale Durchschnittswerte. In den einzelnen Ländern, wie der Schweiz, oder den verschiedenen Regionen, wie dem Kanton Graubünden, gibt es natürlich gewisse Abweichungen von den Durchschnittswerten.

Hier werden zwei Szenarien, das Szenario RCP2.6 und das Szenario RCP8.5 vorgestellt.

Bezeichnung	Szenario
RCP2.6	Konsequenter Klimaschutz: Massnahmen führen zum Erreichen des 2°C-Ziels. Es gelingt der Weltgemeinschaft, die Erwärmung weltweit auf unter 2 °C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zu beschränken. Genau dies möchte das Abkommen von Paris erreichen.
RCP8.5*	Kein Klimaschutz: Wirksame Massnahmen zum Schutz des Klimas werden nicht ergriffen. Die Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre steigt und die Erwärmung geht ungebremst weiter. Im Vergleich zum vorindustriellen Wert wird ein globaler Temperaturanstieg bis 2100 von 4,8°C erwartet.

*RCP ist die Abkürzung für *Repräsentative Konzentrationspfade* (Representative Concentration Pathways) von Treibhausgasen. Die Wissenschaft hat viele verschiedene RCPs entwickelt. Sie zeigen an, wie sich die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre in Zukunft entwickeln könnte, wenn keine, wenige oder viele Klimaschutzmassnahmen umgesetzt werden (siehe Abbildung 1).

Lernaufgabe 3

Arbeitet zu zweit.

1. Vervollständigt die Tabelle unten mit Hilfe der Abbildungen 1, 2 und 3:

2. Welche Schlussfolgerungen müssen aus der Tabelle mit Blick auf den Klimaschutz gezogen werden?

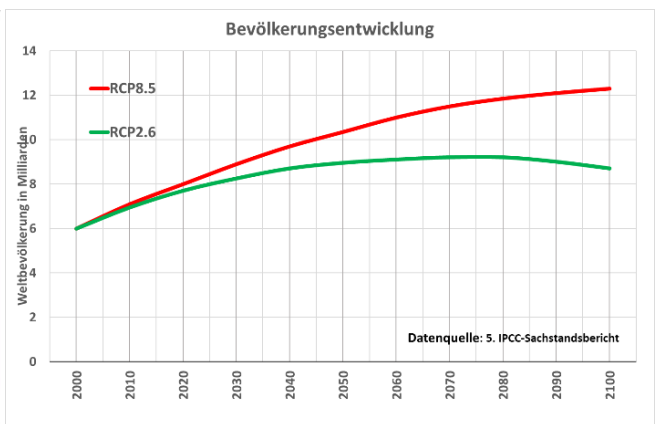
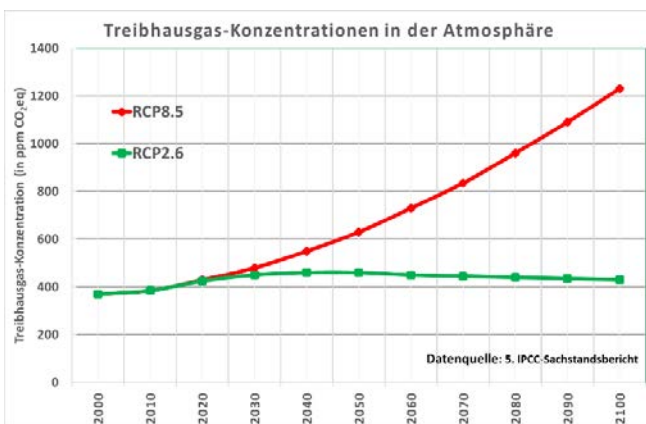


Abb. 1: Mögliche Treibhausgas-Konzentrationen bis 2100.

Abb. 2: Mögliche Entwicklung der Weltbevölkerung bis 2100.

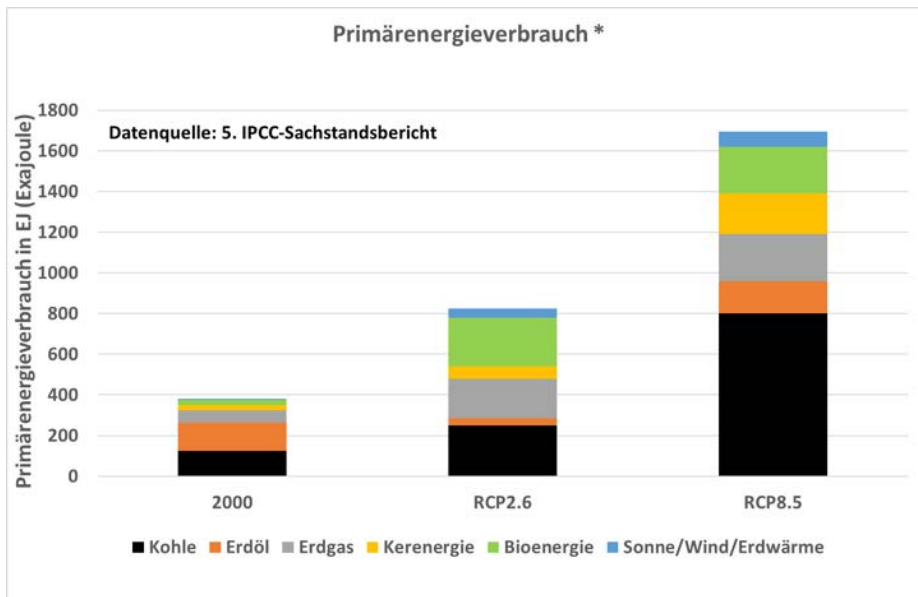


Abb. 3: Primärenergieverbrauch* im Jahr 2000 und möglicher Primärenergieverbrauch im Jahre 2100 für die Emissionsszenarien RCP2.6 und RCP8.5.

* Als Primärenergie bezeichnet man die Energie, die in Energiequellen zur Verfügung steht, die in der Natur vorkommen. Dies sind fossile Energieträger (z.B. Kohle, Erdöl, Erdgas), erneuerbare Energieträger (wie Biomasse, Sonne, Wind und Geothermie), aber auch Kernbrennstoffe, mit denen man Kernkraftwerke betreibt.

Klimaszenarien (RCP-Szenarien)		
Szenario-Bezeichnung	RCP8.5 (ohne Klimaschutz)	RCP2.6 (mit Klimaschutz)
Strahlungsantrieb* bis 2100 im Vergleich zu 1850 (in W/m ²)	8,5	2,6
Treibhausgaskonzentration im Jahr 2100 (ppm CO ₂ -äq) (siehe Abb. 1)	ca. 1250	ca. 440
Ursachen der Treibhausgas-Konzentration (Abb. 3):		
1) Energieverbrauch im Vergleich zum Jahr 2000. Verwende als Antwort die Wörter hoher Energieverbrauch, mittlerer Energieverbrauch.	hoher Energieverbrauch	mittlerer Energieverbrauch
2) Anteil von fossiler Energie (Kohle, Öl, Gas) im Energiemix im Verhältnis zu erneuerbarer Energie im Vergleich zum Jahr 2000.	ca. 80 % fossile Energie (Öl wie 2000 und Kohle 7x mehr als 2000) und 20 % erneuerbare Energie	ca. 40 % fossile Energie (weniger Erdöl als 2000) und 60 % erneuerbare Energie
Bevölkerungsentwicklung bis 2100 (in Milliarden) (siehe Abb. 2)	ca. 12	ca. 8,8
Mittlerer globaler Temperaturanstieg bis 2100 (in °C) im Vergleich zur vorindustriellen Zeit. Übernehme die Werte, die in der Tabelle auf Seite 2 für die beiden Klimaszenarien angegeben sind.	4,8	<2
*Der vom Menschen verursachte Strahlungsantrieb (auch Klima-antrieb genannt) gibt an, wieviel mehr Wärmeenergie in der Atmosphäre durch die vom Menschen eingebrachten Treibhausgase zurückgehalten wird (siehe menschengemachter Treibhauseffekt in Lernsequenz 2.2).		

Was sagen die Klimaszenarien zur Klimazukunft der Schweiz und des Kantons Graubünden?

Die Klimaszenarien, die du oben kennengelernt hast, ermöglichen einen Blick in die Zukunft und zeigen, wie der Klimawandel die Welt verändern wird. Der Bund, die Kantone und die Gemeinden, welche Massnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel beschliessen müssen, stützen sich auf die Klimaszenarien und verwenden sie als Planungsgrundlage. Doch worauf müssen sich die Schweiz und Graubünden in Zukunft gefasst machen?

Lernaufgabe 4

1. Studiere die Abbildung 4 und überlege, was dargestellt wird. Bilde mit deinem Tischnachbarn / deiner Tischnachbarin ein Team und erklärt euch gegenseitig, wie ihr die Abbildung versteht. Lest auch immer die Beschreibungen unter den Abbildungen.

2. Ermittelt die erwartete mittlere Temperaturabweichung in den Alpen im Jahre 2100 im Vergleich zu 1880. Geht wie folgt vor:

Für das RCP2.6 (mit Klimaschutz): Zeichnet dort, wo sich das Jahr 2100 befindet, einen Punkt in der Mitte der blauen Fläche. Verbindet anschliessend diesen Punkt mit dem gemessenen Temperaturwert von 1880 mit einer Geraden.

Für das RCP8.5 (ohne Klimaschutz): Geht nun genau gleich vor wie für RCP2.6. Zeichnet dort, wo sich das Jahr 2100 befindet, einen Punkt in der Mitte der rötlichen Fläche. Verbindet anschliessend diesen Punkt mit dem gemessenen Temperaturwert von 1880 mit einer Geraden.

Lest die mittleren Temperaturwerte für 1880 und für 2100 ab und berechnet die Differenzen. Sie sind die zu erwartenden Temperaturabweichungen im Jahr 2100 gegenüber dem Jahr 1880. Trage deine Werte hier ein:

RCP2.6 (mit Klimaschutz):

Temperaturwert für 1880 in °C: _____ Temperaturwert für 2100 (RCP2.6, blaue Fläche) in °C: _____

Erwartete Abweichung °C: _____

RCP8.5 (ohne Klimaschutz):

Temperaturwert für 1880 in °C: _____ Temperaturwert für 2100 (RCP8.5, rötliche Fläche) in °C: _____

Erwartete Abweichung in °C: _____

4. Vergleicht die Werte für die Alpen seit 1880 mit dem **Mittleren globalen Temperaturanstieg** in der **Tabelle Klimaszenarien (RCP-Szenarien)** in Lernaufgabe 3. Könnt ihr Unterschiede feststellen?

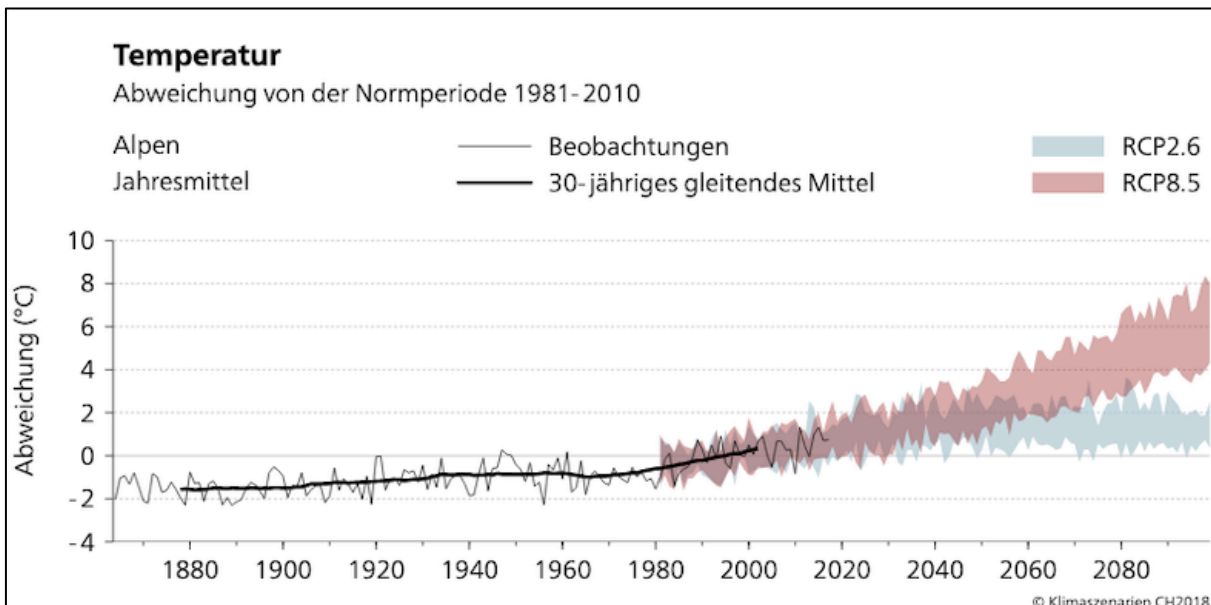


Abb. 4: Abweichung der mittleren Temperatur vom langjährigen Durchschnitt (Normperiode 1981-2010) in den Alpen. Dargestellt sind die Messungen (gezackte dünne Kurve in schwarz), die Mittelwerte (= gleitendes Mittel; fett gedruckte schwarze Kurve) und die Klimasimulationen für die Klimaszenarien RCP8.5 (rot) und RCP2.6 (blau). Die farbigen Flächen zeigen die Bandbreite der Simulationen (Quelle: NCCS, 2018).

Lernaufgabe 5

1. Studiere die Abbildungen 5 und 6. Suche auf der Karte von Graubünden deinen Wohnort. Orientiere dich an den mit blauen Punkten eingetragenen Ortschaften. Wenn du die Orte nicht erkennst, schau auf einer Schweizerkarte oder eine Karte von Graubünden im Atlas oder Internet nach.

Lies für deinen Wohnort in den Karten links die heutigen Temperaturwerte für Sommer und Winter ab und trage sie unten ein. Lies dann in den Karten rechts die Abweichungen für das Jahr 2060 ab und trage diese Werte ebenfalls ein. Berechne daraus die Temperaturen für Sommer und Winter, die für deinen Wohnort erwartet werden können, wenn keine Massnahmen zum Klimaschutz ergriffen werden (RCP8.5).

Wohnort:

Mittlere Temperatur im Sommer heute in °C: ____ Erwartete Abweichung 2060 in °C ____

Mittlere Temperatur im Sommer 2060 in °C: ____.

Mittlere Temperatur im Winter heute in °C: ____

Mittlere Temperatur im Winter 2060 in °C: ____ . Erwartete Abweichung 2060 in °C ____

2. Vergleiche deine Lösungen mit denen deiner Tischnachbarin / deines Tischnachbarn, diskutiert und überprüft allfällige Unterschiede.

3. In den Alpen ist die Temperatur von 1864 bis heute um rund 2 °C im Sommer und 1,8 °C im Winter gestiegen. Vergleiche eure Werte mit diesen Angaben und notiert dazu einige Gedanken dazu.

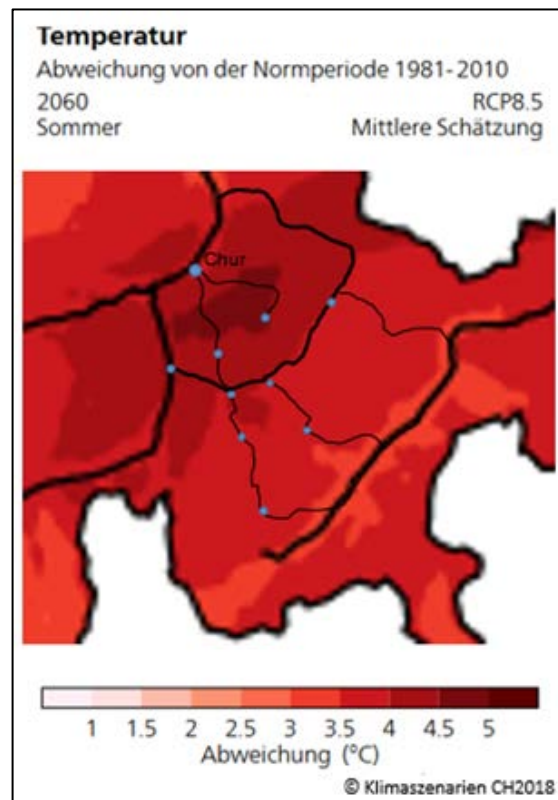
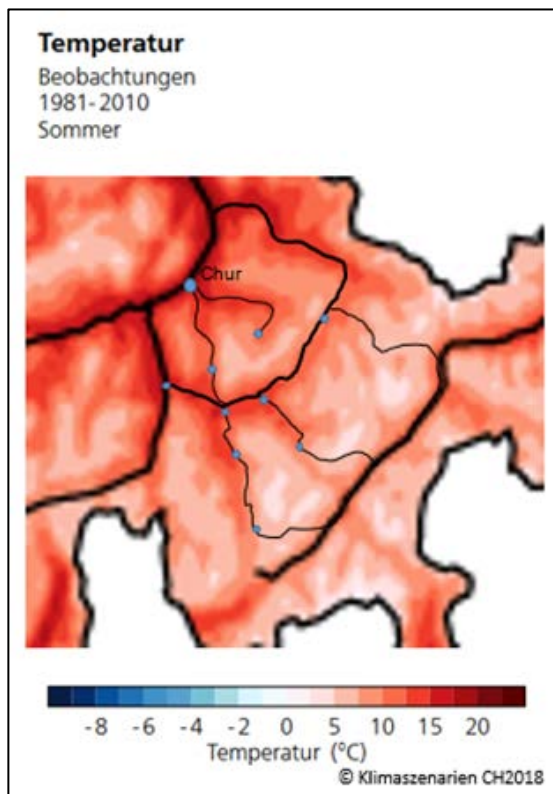


Abb. 5: Links die heutigen durchschnittlichen Mitteltemperaturen im Sommer (Juli bis August) im Kanton Graubünden (Normperiode 1981-2010). Rechts die erwarteten Abweichungen im Jahre 2060 wenn keine Massnahmen zum Klimaschutz getroffen werden (RCP8.5).

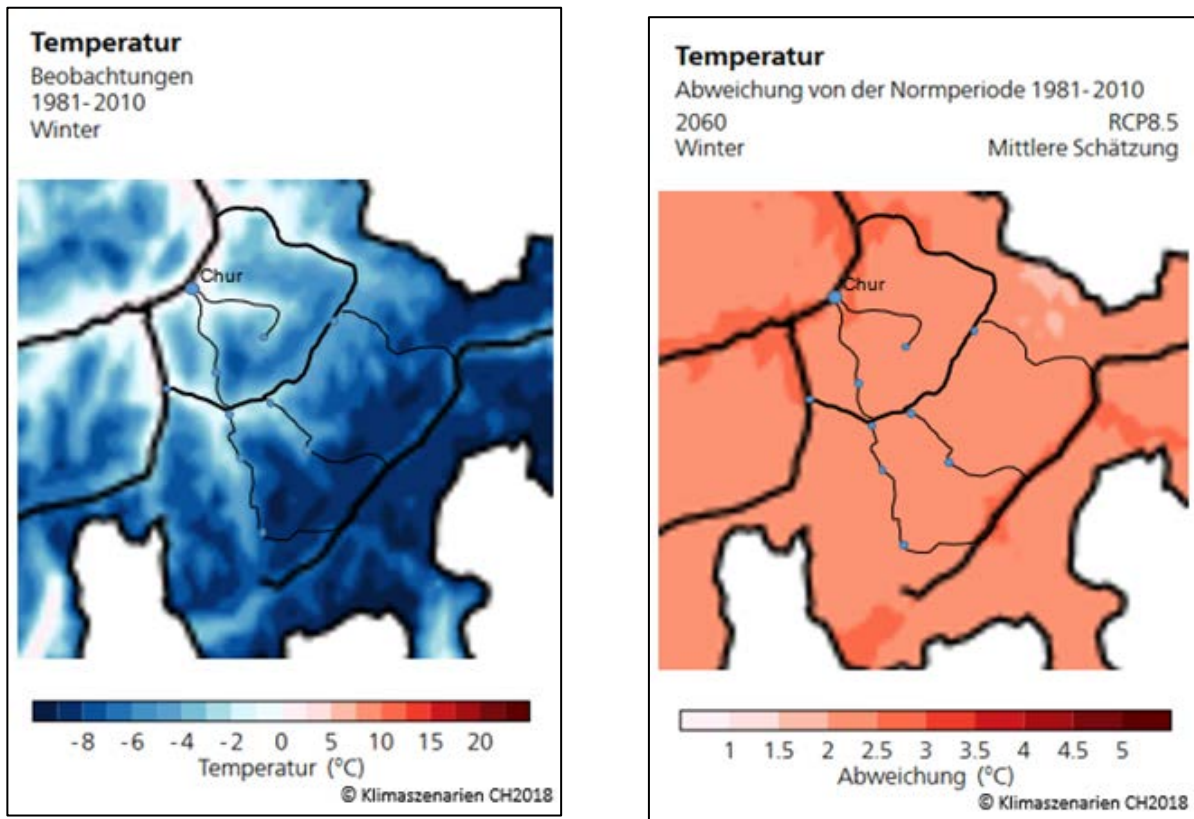


Abb. 6: Links die heutigen durchschnittlichen Mitteltemperaturen im Winter (Dezember bis Februar) im Kanton Graubünden (Normperiode 1981-2010). Rechts die erwarteten Abweichungen im Jahre 2060 wenn keine Massnahmen zum Klimaschutz getroffen werden (RCP8.5).

Folgen des Temperaturanstiegs, wenn kein Klimaschutz betrieben wird

Mit zunehmender **Temperatur** steigt auch die **Nullgradgrenze** an. Dadurch wird es im Winter mehr Regen und **weniger Schneefall** geben.

Lernaufgabe 6:

Die Nullgradgrenze müsst ihr euch als gedachte Fläche in der Atmosphäre vorstellen, bei der eine mittlere Temperatur von 0 °C herrscht. Die Nullgradgrenze ist im Winter, wenn es kälter ist, tiefer als im Sommer, wenn es wärmer ist. Dort wo die Nullgradgrenze liegt, fällt der Niederschlag als Schnee.

1. Studiere die Abbildung 7 und überlege, was dargestellt ist. Lies dazu die Erläuterung zur Abbildung
2. Trage mit je einem Kreuz in die Abbildung 7 ein, in welchem Jahr die Nullgradgrenze ungefähr auf der Höhe von folgenden Orten zu liegen kommt. Vergiss nicht, bei jedem Kreuz den Ort zu notieren, auf den sich das Kreuz bezieht:

- Filisur (1032 m ü. M.)	- Savognin (1270 m ü. M.)
- Bergün (1367 m ü. M.)	- Davos 1560 (m ü. M.)
3. Was bedeutet der erwartete Anstieg der Nullgradgrenze ohne Massnahmen zum Klimaschutz für die Regionen Parc Ela und Davos? Verwende für deine Antwort auch die Säulendiagramme in der Abb. 8. Dort wird die erwartete Entwicklung der Anzahl Tage mit Neuschnee für die Stationen Davos (1560 m ü. M.) und Weissfluhjoch (2693 m ü. M.) dargestellt.

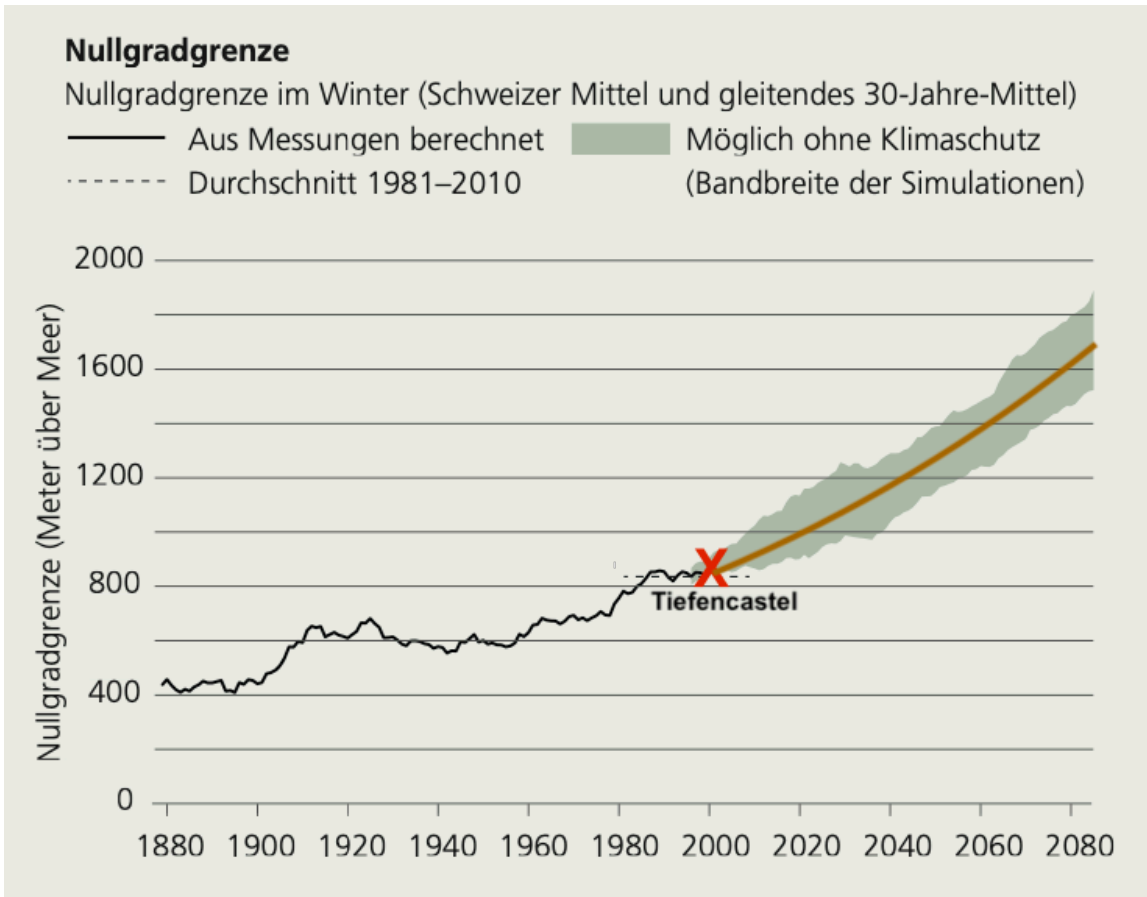


Abb. 7: Die Lage der Nullgradgrenze im Winter (Dezember bis Februar) in der Schweiz über die Jahre 1880 bis 2080, wenn kein Klimaschutz betrieben wird (RCP8.5). Die braune Kurve gibt den mittleren Verlauf der Nullgradgrenze an. Im Jahr 2010 lag diese bei etwa 850 m ü. M., was der ungefähren Höhenlage von Tiefencastel (856 m ü. M.) entspricht (Quelle: CH2018, S. 13).

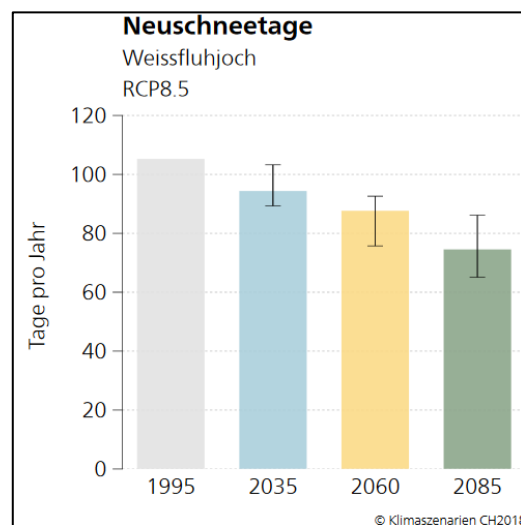
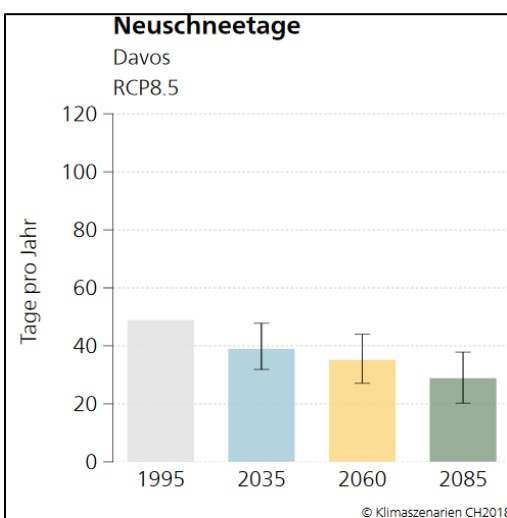


Abb. 8. Erwartete Anzahl Neuschneetage pro Jahr in Davos (links) und auf dem Weissfluhjoch (rechts) ohne Klimaschutz (RCP8.5) (Quelle: CH2018-webatlas).

Lernaufgabe 7

Werft nochmals einen Blick auf die Szenarien, die ihr zu Beginn dieser Lerneinheit bei Lernaufgabe 1 diskutiert habt.

Worin unterscheiden sich die Informationen, die ihr in dieser Lerneinheit gewonnen habt, von euren Überlegungen? Was habt ihr durch diese Lerneinheit dazugelernt, was hat euch nachdenklich gemacht?