

KLIMA – GESTERN, HEUTE, MORGEN

Klima macht Schule: Davos und Parc Ela

Grundlagen



Langlaufloipen in Davos im Dezember 2015.

Impressum

Autorin und Autor:

Veronika Stöckli, Bergwelten 21 AG, Davos
Gian Paul Calonder, Gemeinde Davos

Bildquellen:

Wo nicht anders vermerkt, stammen die Bilder von der Autorin oder dem Autor.

Das Projekt "Klima macht Schule: Davos und Parc Ela" wurde von der Gemeinde Davos für die Volksschulen in Davos initiiert und später in Zusammenarbeit mit dem Parc Ela auf die Schulen der Naturparkregion erweitert. Das Projekt wurde mit Unterstützung der Volksschule Davos, der Gemeinde Davos, der Meuli-Stiftung, dem Amt für Natur und Umwelt Graubünden, dem Verein Parc Ela und dem Bundesamt für Umwelt BAFU finanziell unterstützt.

Die Inhalte der Module orientieren sich am Davoser Klimafilm. Sie ergänzen das Themendossier zum Klimawandel für den Zyklus 3, welches GLOBE Schweiz für education21 entwickeln liess.

"Klima macht Schule: Davos und Parc Ela" behandelt die folgenden Themen als Module:

- Klima – gestern, heute, morgen
- Natürliche Ursachen von Klimaschwankungen
- Natur im Klimawandel
- Schnee im Klimawandel
- Gletscher im Klimawandel
- Permafrost im Klimawandel
- Wirtschaft und Gesellschaft im Klimawandel
- CO₂-Bilanz und Klimaschutz in der Gemeinde Davos

Jedes dieser Themen umfasst Grundlagen, Unterrichtsmaterialien für Schülerinnen und Schüler sowie methodisch didaktische Erläuterungen. Das vorliegende Dokument erläutert Grundlagen zum Thema **Klima – gestern, heute, morgen.**

Davos und Parc Ela, den 1. Dezember 2020

Klima gestern, heute und morgen

Das Klima bezeichnet die typische Witterung an einem Ort im Jahresverlauf. Messwerte zu Temperatur, Niederschlag oder Sonnenscheindauer charakterisieren das Klima.

Das vorliegende Modul beschreibt das Klima der Region Davos und des Parc Ela. Es zeigt auf, wie sich das Klima in den vergangenen Jahrzehnten verändert hat und wie es sich bis zur Mitte des Jahrhunderts voraussichtlich ändern wird – je nachdem, wie ernst wir es mit dem Klimaschutz nehmen.

Klimadaten, Analysen, Abbildungen und Ergebnisse von Modellen zum zukünftigen Klima bilden die Grundlagen für dieses Kapitel. Daten und Analysen über das aktuelle und das vergangene Klima stammen mehrheitlich von der MeteoSchweiz. Wie das Klima in den kommenden Jahrzehnten ändern wird, ist dem Bericht CH2018 des *National Center for Climate Services* NCCS entnommen.

Das vorliegende Modul soll Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen, das hiesige Klima zu kennen und zu wissen, wie sich der Klimawandel in der Region ändern wird, wenn der Klimaschutz nur halbherzig angegangen wird, sei es zuhause und weltweit.



Im Davoser Klimafilm handeln alle Module vom Klimawandel, aber keines ausschliesslich vom Klima selber.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Klima beschreibt das typische Wetter im Jahresverlauf an einem bestimmten Ort. Es besagt, wie viel es durchschnittlich regnet oder schneit, wie kalt und wie warm es normalerweise ist oder wie oft die Sonne scheint. Das Klima wird mit sogenannten Normwerten beschrieben, welche das Wetter über Perioden von jeweils 30 Jahren zusammenfassen. Zurzeit gilt die Periode von 1981 bis 2010 als Normperiode. Klimadaten werden seit der Mitte des 19. Jahrhunderts erhoben. Für die Zeit davor wird das Klima rekonstruiert, anhand von historischen Dokumenten oder mithilfe von Jahrringen und geochemischen oder geomorphologischen Merkmalen in der Landschaft rekonstruiert.

Wir leben in einem vergleichsweise kühlen Klima. In Davos liegt die Temperatur im Jahresmittel bei 3,5 °C. Durchschnittlich fallen hier 1022 mm Niederschlag pro Jahr. In Bergün im Parc Ela liegt die Temperatur im Jahresmittel bei 5,3 °C und der Niederschlag erreicht durchschnittlich 1005 mm pro Jahr. Der Niederschlag fällt im Winter oberhalb von etwa 1200-1500 m ü. M. vorwiegend als Schnee. Im Sommer erhält die Region etwa doppelt so viel Niederschlag wie im Winter. Die vielfältige Gebirgslandschaft führt zu einem Klima, das auf kleinstem Raum unterschiedlich ausgeprägt ist.

Der Klimawandel ist in den langjährigen Messreihen deutlich sichtbar. Schweizweit ist es seit Messbeginn im Jahr 1864 bis 2018 um 2 °C wärmer geworden. Mit der Wärme ist die Nullgradgrenze angestiegen und auch die Gewässer sind wärmer geworden.

Das Klima der kommenden Jahrzehnte wird mit Annahmen zur zukünftigen Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre berechnet. Diese sogenannten Klimaszenarien besagen, dass es bei uns um das Jahr 2060 um weitere 2,8 °C wärmer wird, verglichen mit heute. Weil warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann, werden die Niederschläge intensiver. Im Sommer werden die Trockenphasen voraussichtlich länger, im Winter fällt eher mehr Niederschlag als heute.

Das Klima ist ein äusserst komplexes System, bei dem zahlreiche Abläufe ineinander greifen. Die Klimamodelle vereinfachen dies und verschaffen uns eine Vorstellung davon, wie sich der Lebensstil der Menschen auf das Klima auswirken kann. Der Klimawandel wird uns noch viele Jahrzehnte beschäftigen.

ORIENTIERUNG

Das Klima beschreibt das typische Wetter im Jahresverlauf an einem bestimmten Ort. Es besagt, wie viel es regnet oder schneit, wie kalt und wie warm es ist oder wie oft die Sonne scheint.

Das Klima ist an jedem Ort anders. Nebst der geografischen Lage - ob eher in der Nähe der Pole, am Meer, am Äquator oder in dem Gebirge - prägen lokale Begebenheiten das Klima, z. B. hohe Berge oder weite Ebenen.

Die Menschheit beschäftigt sich schon seit langem mit Wetter und Klima. In Graubünden organisierte Christian Brügger (er lebte von 1833 bis 1899) als einer der ersten umfassendere Wetterbeobachtungen. Als Lehrer an der Kantonsschule in Chur organisierte er, dass an 90 Standorten im Kanton Freiwillige die Witterungsbedingungen festhielten. Leider hielt dieses Engagement nicht lange an.

1863. Meteorologische Beobachtungen. Dezember.

Tag	Platta: Nic. Jos. Hoender.							Ilana: A. Fehr.							Reichenau: J. Welz.						
	Temperatur			Baromet.	Fach- lichtst.	Wind.	Niloweg- Höhenzüge	Temperatur			Baromet.	Fach- lichtst.	Wind.	Witterung- Höhenzüge	Temperatur			Baromet.	Wind.	Witterung- Höhenzüge	
	7	1	9	f	f	f	f	7	1	9	f	f	f	f	7	1	9	f	f	f	
1	-0.0	8.1	-0.5	646.2	53	SW 8	klar	-1.4	5.0	-1.5	702.5	73	W	heller	-0.7	6.0	0.5	711.8	SW 1	NO 5	bew.
2	0.6	1.0	-1.0	640.7	100	SW 4	störn.	-3.2	3.0	0.4	692.1	70	SW	bed.	0.4	8.4	2.9	708.9	W 2	S 5	id.
3	-2.2	3.2	-0.0	640.4	53	SW 4	id.	-0.8	5.1	1.5	696.9	55	W	id.	0.1	5.2	2.2	705.3	SW 2	S 2	bed.
4	-5.3	-5.1	-6.0	647.4	73	SW 0	11.8 Sch.	-0.3	1.1	1.0	705.8	80	O	10.2 R. S.	0.8	1.4	0.2	715.1	N 2	N 1	10.5 R. S.
5	-0.1	-2.0	-3.5	651.2	73	NW 0	bed.	-6.4	-1.2	-3.2	710.1	100	W	bed.	-1.7	0.2	-0.8	720.2	SW 0	SW 1	bed.
6	-4.0	3.1	-4.3	648.8	66	SW 0	id.	-2.4	-1.4	-4.5	707.2	100	SW	id.	-2.0	3.2	-1.0	716.9	W 3	NO 1	bew.
7	-3.4	0.0	-0.3	654.1	92	NW 0	id.	-1.7	1.0	-6.1	712.4	85	W	klar	-0.7	3.1	-1.1	721.9	S 0	S 1	id.
8	-3.4	8.5	1.1	652.0	29	SW 0	klar	-8.2	-3.8	-6.2	705.1	100	SW	id.	-2.5	4.4	1.9	717.8	W 3	SW 2	klar
9	0.8	5.8	-0.0	648.7	58	S 0	bed.	-5.0	—	-6.0	707.1	—	SW	id.	1.2	6.1	1.1	710.5	NW 2	SW 0	bew.
10	-2.8	0.8	-1.2	650.2	60	NW 0	id.	-7.5	—	—	707.5	—	SW	—	-3.6	2.0	1.2	716.9	0	0	id.
11	-1.1	2.8	-0.0	650.5	93	NW 0	id.	—	2.1	1.0	705.0	90	W	bed.	1.7	5.8	1.5	717.5	S 0	0	bed.
12	-0.1	1.4	1.2	647.9	96	SW 0	24.8 Sch.	0.3	1.8	0.9	706.0	98	S	19.6 Sch.	0.4	2.6	0.5	715.3	0	0	24.7 Sch.
13	-0.9	1.5	0.4	649.5	98	NW 0	nebl.	1.2	2.7	1.5	707.8	95	S	bed.	1.8	4.5	2.0	716.6	0	0	bed.
14	-0.2	1.0	-0.5	650.8	86	NW 0	id.	1.5	3.5	1.8	708.1	92	W	id.	2.2	6.1	2.5	717.8	0	NO 1	id.
15	-2.3	0.3	-2.7	650.9	72	SW 0	klar	1.5	2.4	-2.0	708.5	85	W	klar	1.8	6.7	-0.5	718.1	0	S 1	klar
16	-2.5	5.3	4.3	645.5	57	SW 0	id.	-5.0	0.1	-3.6	702.3	84	S	id.	-0.8	3.8	2.8	711.3	W 2	SW 1	id.
17	2.8	-1.8	-3.2	650.1	57	NW 0	2.8 Sch.	-1.5	0.5	0.8	698.5	92	NW	2.5 Sch.	-1.0	0.2	-0.8	705.5	0	0	bed.
18	-4.0	-3.2	-4.2	648.6	88	SW 0	9.9 Sch.	-1.8	0.3	-0.8	702.1	94	NW	7.0 Sch.	-1.4	1.4	0.4	711.4	0	NO 0	6.2 Sch.
19	-7.2	1.3	-5.0	650.0	77	SO 0	klar	-9.0	-4.1	-9.5	707.5	98	NW	klar	-3.8	0.8	-3.2	716.8	SW 0	SW 0	klar
20	-3.0	0.8	1.1	650.4	96	SW 2	id.	-10.8	-3.7	—	707.0	93	W	id.	-3.1	2.6	-3.3	715.8	W 2	SW 1	id.
21	-2.8	3.0	-4.1	645.2	65	SW 0	id.	-10.5	-5.0	-4.0	704.7	95	W	id.	-4.4	-1.1	-2.4	713.8	W 1	N 1	nebl.
22	-5.4	3.7	-2.1	636.9	58	SW 2	bed.	—	-1.7	0.3	692.5	90	S	10.0 Sch.	-2.8	1.0	1.0	701.0	W 1	SW 0	bed.
23	-11.4	-6.0	-8.8	644.7	72	NO 0	7.5 Sch.	-7.0	-5.6	-6.8	702.9	83	W	klar	-4.1	-0.4	-4.3	712.5	NO 1	S 1	12.1 Sch.
24	-6.2	-1.8	-2.7	646.0	97	NW 0	6.5 Sch.	-4.2	-1.5	—	705.5	100	O	12.0 Sch.	-3.4	0.2	-0.5	714.3	SW 1	SW 1	8.1 Sch.
25	-0.8	3.1	-4.3	645.5	44	SW 3	klar	-8.8	-1.2	—	703.5	100	W	klar	-0.6	3.2	-4.8	716.7	SW 1	S 1	klar
26	-5.5	-1.1	-7.4	647.5	80	NW 0	id.	-13.0	-0.8	-3.0	705.7	100	W	bed.	-9.0	-2.8	-2.2	714.6	W 0	0	nebl.
27	-7.9	-6.7	-2.8	644.4	81	S 0	id.	-7.4	-6.8	-4.2	702.6	160	W	klar	-5.6	-3.1	-1.6	712.1	SW 0	S 1	id.
28	-6.1	-4.4	-7.3	640.3	87	NW 0	2.0 Sch.	-1.5	0.0	-3.9	704.7	90	O	id.	-1.1	1.4	-5.4	714.4	N 3	N 2	5.1 Sch.
29	-6.2	1.1	-1.2	647.5	80	NO 0	bed.	-5.4	—	-1.8	705.6	—	—	bed.	-4.6	1.4	1.3	713.7	W 1	SW 2	bew.
30	0.8	1.8	-2.4	648.9	49	SW 3	winnig	-1.4	0.8	0.4	700.8	94	NW	6.5 Sch.	0.2	2.0	1.6	709.5	S 1	S 0	3.8 Rg.
31	-5.2	-0.3	-1.6	640.7	80	SO 0	7.0 Sch.	-1.3	-0.3	-4.4	697.9	91	SW	klar	-1.2	1.2	-1.8	707.5	0	S 0	0.3 Sch.
Wt.	-3.00	0.93	-2.94	646.88	74.8		71.6	-4.21	4.00	-2.00	704.81	90.0		70.8	-1.97	2.99	-0.35	713.00			73.2

Abbildung 1-3. Klimadaten und Beobachtungen vom Dezember 1863 für Platta, Ilanz und Reichenau. Quelle: Meteorolog. Centralanstalt, 1864.

Nach klar definierten Regeln werden Klimadaten seit rund 150 Jahren erhoben. Um 1860 wurde die Meteorologische Kommission der Naturforschenden Gesellschaft der Schweiz gegründet. Sie nahm

sich fortan der Aufgabe an, schweizweit Wetter und Klima zu dokumentieren und brachte im Jahr 1864 den ersten Jahresbericht heraus (vgl. Abbildung 1). Zu dieser Zeit kamen Messgeräte auf, welche Niederschlag, Temperatur oder Windrichtung registrieren konnten.

Nicht alle Zeitgenossen waren zu Beginn der „modernen“ Wetterbeobachtungen davon überzeugt, dass das vorherrschende Klima mithilfe von meteorologischen Daten treffend charakterisiert werden kann. Der Botaniker Anton Kerner von Marilaun schreibt um 1860 dazu: *„Und wenn man das grosse grüne Buch der Pflanzenwelt aufschlägt, so findet man auch in demselben die örtlichen klimatischen Verhältnisse gewöhnlich viel sorgfältiger und richtiger verzeichnet, als auf den vergilbten Blättern der dicken meteorologischen Journale und Folianten. Die Pflanzenwelt ist überall das Abbild des lokalen Klimas...“* Er war der Ansicht, dass die Vegetation an einem bestimmten Punkt das Klima viel exakter spiegelt, als Messwerte zu Temperatur und Niederschlag. Dass er damit nicht ganz falsch lag, wird im Modul „Natur im Klimawandel“ ersichtlich.

Heute werden Klimadaten mehrheitlich automatisch erhoben. Neben den offiziellen Messstationen der MeteoSchweiz werden seit einigen Jahren auch von privaten Unternehmen Messstationen betrieben.

Die nachfolgenden Abschnitte erläutern, wie das aktuelle Klima charakterisiert wird, wie das Klima der vergangenen Jahrzehnte bis Jahrhunderte rekonstruiert und wie das Klima der Zukunft skizziert wird.

WIE WIRD DAS AKTUELLE KLIMA CHARAKTERISIERT?

Das aktuelle Klima wird mithilfe von Klimaparametern beschrieben. Diese umfassen typischerweise Werte für Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer.

In Davos und im Gebiet des Parc Ela erheben verschiedene Wetterstationen die Klimaparameter. Es sind dies folgende Stationen:

- Meteorologische Station in Davos Dorf (1594 m ü. M.; Temperatur seit 1864, Niederschlag seit 1866),
- Automatische Wetterstation auf Weissfluhjoch (2691 m ü. M.; Temperatur und Niederschlag seit 1959)
- Automatische Wetterstation in Bergün (1408 m ü. M.; Niederschlag seit 1973, Temperatur seit 2015),
- Automatische Wetterstation am Piz Martegnas (2670 m ü. M.; Temperatur seit 1993, Niederschlag seit 2012; vgl. Abbildung 2),
- Niederschlagsstation in Savognin (1172 m ü. M.; seit 1892 in Betrieb).

Aus den Daten dieser Messstationen wird das Klima am jeweiligen Standort berechnet. Weil das Wetter nicht nur von Stunde zu Stunde sondern auch von Jahr zu Jahr unterschiedlich ist, werden in der Klimatologie die Messwerte zu einer Klimaperiode von 30 Jahren zusammengefasst. Diese Werte gelten sodann als Normwerte für das Klima an einem Ort. Zurzeit gilt die Periode von 1981 bis 2010 als Normperiode und die Mittelwerte über diese Jahre als Normwerte. Die vorhergehende Normperiode reicht von 1961 bis 1990.

Im Kapitel „Das Klima der Region“ wird das hiesige Klima genauer beschrieben.



Abbildung 2. Automatische Wetterstation am Piz Martegnas im Gebiet des Parc Ela. Foto: Meteoschweiz.

WIE LÄSST SICH DAS KLIMA DER VERGANGENHEIT BESCHREIBEN?

Das Klima in den Jahrzehnten und Jahrhunderten vor Beginn der meteorologischen Aufzeichnungen wird mit sogenannten Proxydatenkurz Proxys, beschrieben. Der Begriff ist vom englischen *proxy* hergeleitet, was so viel wie „Stellvertreter“ bedeutet. Proxys sind z. B.:

- Jahrringe der Bäume (vgl. Abbildung 3),
- Reste von Pflanzen, z.B. fossiles oder verkohltes Holz oder Pollen,
- Isotopen, z. B. von Kohlenstoff, Wasserstoff oder Sauerstoff in Böden, Holz, Wasser und Eis, oder von Beryllium im Gestein,
- Hinweise auf ehemalige Gletscherstände, z.B. Moränen, glatt geschliffene Felsen (Rundhöcker) oder Findlinge,
- Schriftliche Dokumente, z.B. Schilderungen zu extremer Kälte.



Abbildung 3. Überreste einer Arve am Ufer des Davosersees. Möglicherweise riss eine Lawine oder ein Murgang den Baum mit in den See, wo er im kalten Wasser über vier Jahrtausende erhalten blieb.

Das Klima vor Beginn der systematischen Messungen um 1860 wird im Kapitel „Das Klima in früheren Jahrhunderten“ kurz beschrieben.

WIE WIRD DAS KLIMA DER ZUKUNFT ERMITTELT?

Das Klima der Zukunft wird mithilfe von Modellen berechnet. Klimamodelle beruhen auf mathematischen Gleichungen, die grundlegende Gesetze der Physik ausdrücken. Klimamodelle sind sehr komplex. Viele verschiedene Aspekte der Atmosphäre, der Biosphäre oder der Hydrosphäre werden berücksichtigt und ihre Wechselwirkungen berechnet (vgl. Abbildung 4). Weil die Treibhausgase das Klima mit beeinflussen, müssen auch Annahmen zur Entwicklung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre mit in die Modelle einfließen.

Ein Modell ist ein stark vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit. Ein einzelnes Modell erlaubt aber noch keine verlässliche Aussage zum Klima. Klimaszenarien basieren auf vielen verschiedenen Klimamodellen mit unterschiedlichen Annahmen, z. B. zu den Treibhausgasemissionen. Das Kapitel „Klimaszenarien – ein Ausblick“ erläutert, wie das Klima ändert, vor dem Hintergrund zunehmender Treibhausgaskonzentrationen.

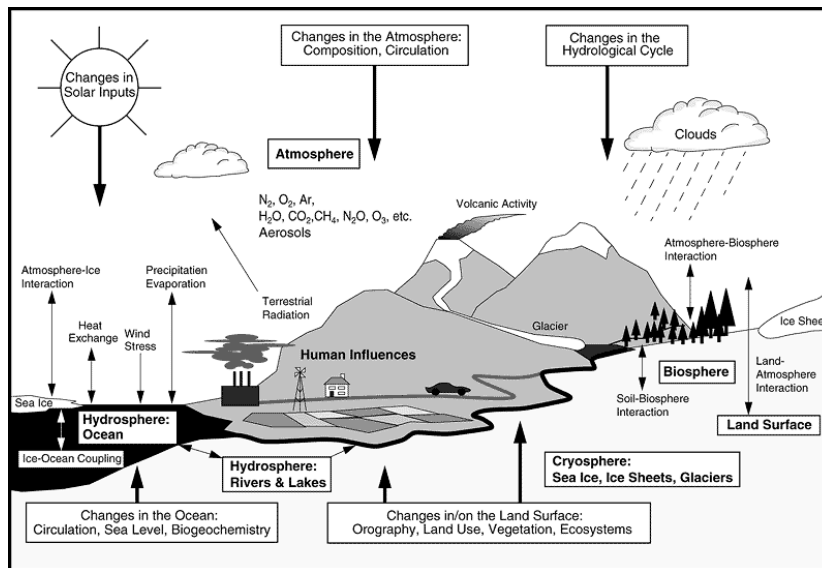


Abbildung 4. Schematische Übersicht über die Komponenten des globalen Klimasystems (fett), ihrer Prozesse und Wechselwirkungen (feine Pfeile) und den Aspekten, die sich verändern (fette Pfeile). Quelle: IPCC, 2001.

DAS KLIMA DER REGION

Die geografische Lage und die Topografie bestimmen weitgehend das Klima. Die geographische Lage bestimmt,

- wie stark die Sonneneinstrahlung vor Ort ist,
- welche Winde vorherrschen oder
- wie weit entfernt die grossen Wassermassen der Ozeane liegen. Ihr Wärmehaushalt unterscheidet sich nämlich von jenem des Festlandes.

Bei uns prägt in erster Linie der Atlantik das Klima (vgl. Abbildung 5). Er bringt feuchte und milde Meeresluft zu uns. Diese Ausgangslage kombiniert mit der vielfältigen Landschaft aus Bergen, Wald, Tälern und Seen, führt zu einem Klima, das auf kleinstem Raum sehr unterschiedlich ist.

Die Region um Davos und der Parc Ela werden dem mitteleuropäischen Klima zugeordnet, welches zwischen dem ausgeglichenen, feuchten und milden ozeanischen Klima Westeuropas und dem kontrastreichen trockenen und kontinentalen Klima Osteuropas liegt.

Die Luftströmungen, welche bei uns Wetter und Klima bestimmen, sind Teil der atmosphärischen Zirkulation. Diese entsteht, weil sich die Erdoberfläche am Äquator stärker erwärmt als an den Polen. Während die warme Luft am Äquator aufsteigt und in Richtung der Pole transportiert wird, fliesst unten die kältere und schwerere Luft von den Polen zum Äquator. Und weil sich die Erde gegen Osten dreht, werden diese Luftströmungen auf der Nordhalbkugel gegen Osten und auf der Südhalbkugel gegen Westen abgelenkt. So entstehen in südlichen Breiten die Passatwinde, im mittleren Breiten die Westwinde und im Norden die polaren Ostwinde. Die Atmosphärische Zirkulation ist nichts anderes als das Ergebnis eines Wärme- bzw. Energietransports vom Äquator zu den Polen hin. Auf der sich drehenden Erde erfolgt dieser Transport über immer neue Wetterzellen, die man als Tief- und Hochdruckgebiete aus der Wetterkarte kennt. Die Grenzen zwischen den warmen und kalten Luftmassen werden als Fronten bezeichnet.

In den Alpen mischt sich auch die Topografie in dieses System ein. So können Gebirge die Luftmassen stauen und Regenwolken erzeugen, welche Niederschläge bringen. Auf der Rückseite der Gebirge strömt die trockene Luft als Fallwind oder Föhn herab. Im Gebirgskanton Graubünden zeigen sich die Folgen dieses Effekts: Der Niederschlag eines Jahres reicht von rund 600 mm im Unterengadin bis 1800 mm in Hinterrhein am San Bernardino-Pass. Die Region Davos und jene des Parc Ela liegen ungefähr in der Mitte dieser Bündner Extreme.

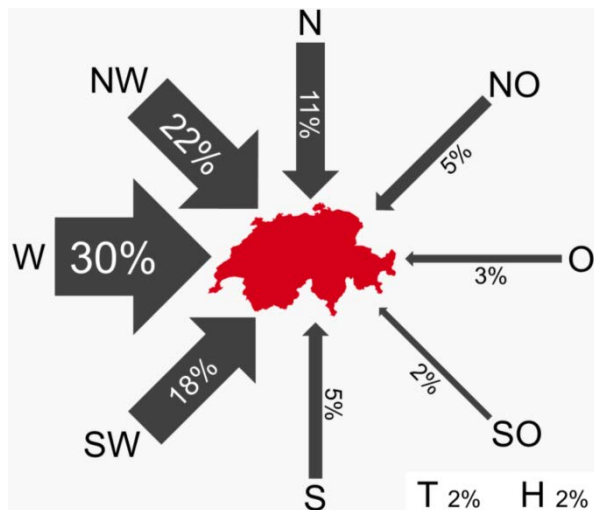


Abbildung 5. Häufigkeit der Anströmungsrichtungen von Luftmassen über der Schweiz für alle Tage des Jahres. W: West-, NW: Nord-West-, N: Nord-, NO: Nord-Ost-, O: Ost-, S: Süd-Ost-, S: Süd-, SW: Süd-West-Strömung, T: Tiefdruckgebiet direkt über der Schweiz, H: Hochdruckgebiet direkt über der Schweiz. Quelle: MeteoSchweiz, 2020a.

Im Winter fällt der Niederschlag oberhalb von etwa 1200-1500 m ü. M. vorwiegend als Schnee. Hin und wieder beeinflusst das Mittelmeer unser Wetter. Das sorgt im Winter für deutlich mildere Luft und im Sommer für mehr Niederschlag. Grundsätzlich fällt bei uns im Sommer etwa doppelt so viel Niederschlag wie im Winter. In Höhen über 2000 m ü. M. fällt in der Regel an etwas mehr als der Hälfte der Tage die Temperatur zumindest kurzzeitig unter den Gefrierpunkt.

Die folgenden beiden Kapitel gehen auf das Klima in Davos und im Parc Ela näher ein.

DAS DAVOSER KLIMA

In Davos sind die Winter kalt und die Sommer kühl. Die Luft ist trocken und die Sonnenstrahlung bisweilen intensiv. Die Temperatur liegt im Jahresmittel bei 3,5 °C. Durchschnittlich fallen hier 1022 mm Niederschlag pro Jahr (vgl. Abbildung 6).

Auf Weissfluhjoch (2691 m ü. M.) ist es deutlich kälter und nasser. Hier wird eine Durchschnittstemperatur von -1.9 °C angegeben und eine Niederschlagssumme von 1411 mm pro Jahr erreicht (vgl. Abbildung 7).

Je nachdem, ob man sich im Talboden von Davos oder auf dem Weissfluhjoch aufhält, sind Temperatur, Niederschlag und auch die Sonnenscheindauer verschieden. Die Werte zeigen, wie unterschiedlich ausgeprägt das Klima auf kleinstem Raum sein kann.

Eine Klima-Spezialität im Hochtal von Davos ist die Temperaturumkehr, auch Inversion bezeichnet. Bei einer Inversionslage ist es in der Höhe wärmer als im Bereich des Talbodens. Normalerweise ist es umgekehrt. Dass dies auch spürbar ist, hat Wilhelm Schibler gegen Ende des 19. Jahrhunderts treffend beschrieben, als er in Davos als Arzt tätig war: „...in mancher Winternacht habe ich mit fast

erfrorenen Ohren und Nase das Landwasser passiert, und etwa nach Clavadel aufwärts strebend im Walde angelangt geglaubt, mich in warmer Stube zu befinden“.

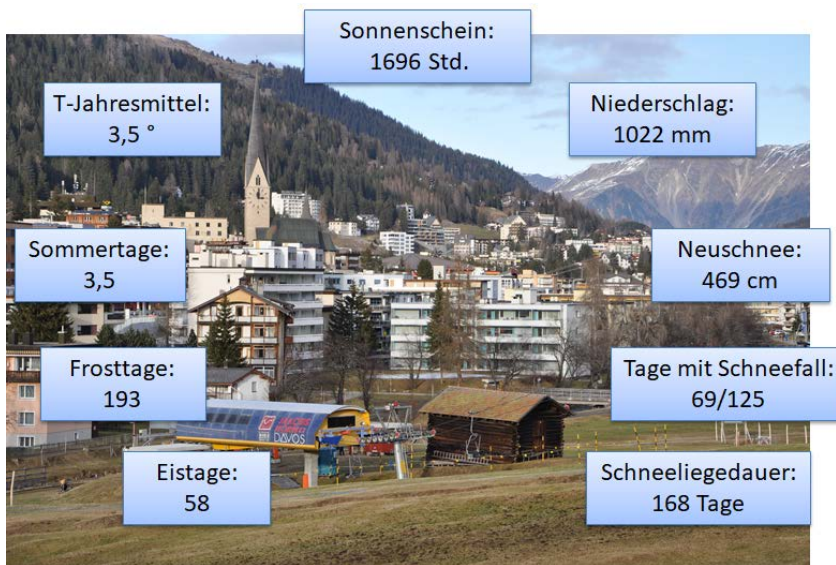


Abbildung 6. Das Klima von Davos (1594 m ü. M.).

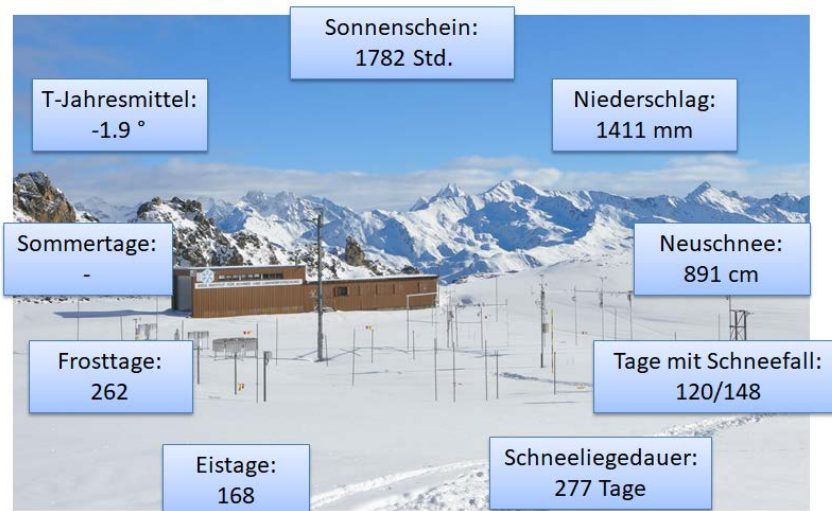


Abbildung 7. Das Klima auf Weissfluhjoch (2691 m ü. M.).

Die Klima-Normwerte (vgl. Abbildungen 6 und 7) zeigen Mittelwerte über 30 Jahre. Die einzelnen Tage, Monate oder Jahre einer solchen Klimaperiode weichen fallweise erheblich von diesem Mittelwert ab. Die Abbildung 8 zeigt als Beispiel dazu den Verlauf der Temperatur in Davos im Jahr 2019. In diesem Jahr war es mit durchschnittlich 4,6 °C um 1 °C wärmer als die Norm. Die roten und blauen Balken zeigen, wie deutlich die Temperatur an einzelnen Tagen von der Norm abgewichen ist.

Das Kapitel „Klimawandel – Blick zurück“ erläutert, inwieweit die Abweichungen von der Norm allenfalls Effekte des Klimawandels sind oder ob sie natürliche Schwankungen des Klimas nachzeichnen.

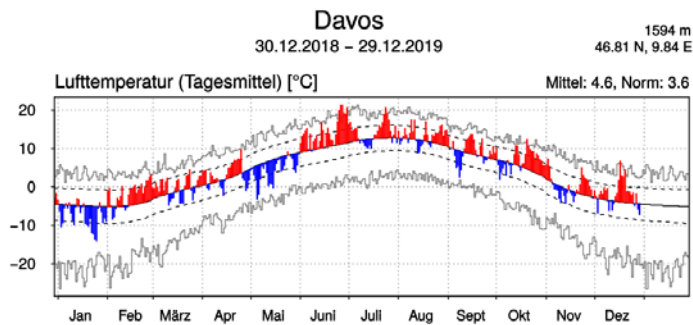


Abbildung 8. Verlauf der Temperatur in Davos im Jahr 2019. Rote Balken geben wärmere Tage an, blaue Balken kältere als normal (schwarze Linie). Die gestrichelten Linien zeigen die Streubreite des Normwerts (Standardabweichung), die grauen Linien die höchsten und die tiefsten je gemessene Tagestemperaturen. Quelle: MeteoSchweiz. 2020b.

DAS KLIMA IM PARC ELA

Das Klima im Parc Ela wird mithilfe von Modellen beschrieben, da die meisten Messstationen erst seit kurzem das Wetter systematisch erheben.

In Bergün/Bravuogn liegt die Temperatur im Jahresmittel bei 5,3 °C. Durchschnittlich fallen hier 1005 mm Niederschlag pro Jahr (vgl. Abbildung 9). Die Daten sind berechnet. Die entsprechenden Modelle schätzen die lokalen Werte mit Daten von weiter entfernten Stationen ab.

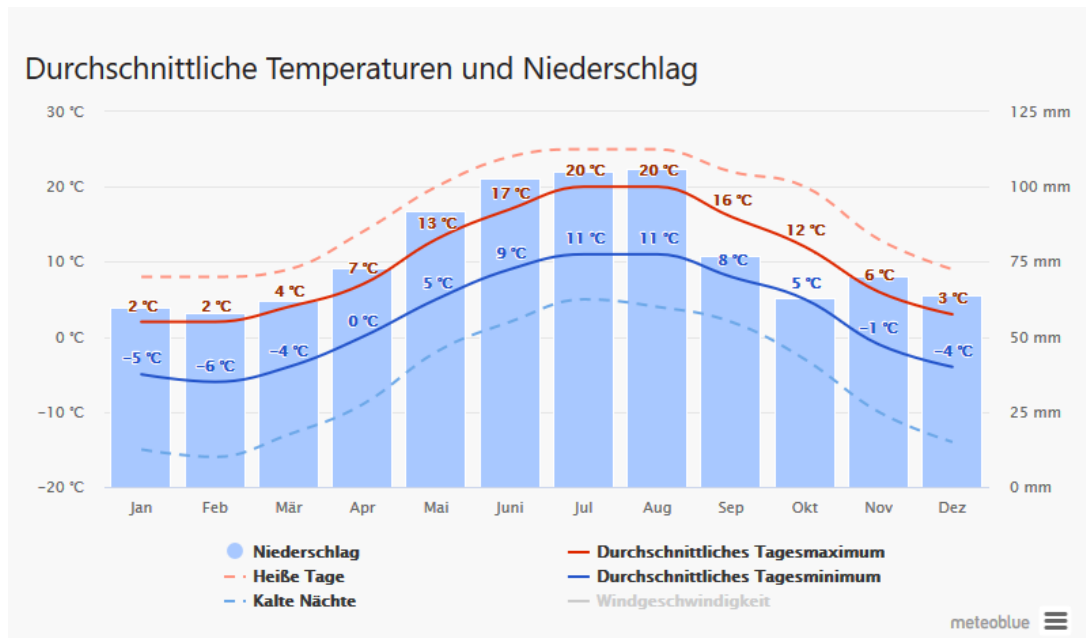


Abbildung 9. Klimadiagramm für Bergün/Bravuogn als Durchschnitt der vergangenen 30 Jahre. Quelle: meteoblue.

In Tiefencastel fallen 897 mm Niederschlag pro Jahr, in Bivio 1248 mm und in Filisur 915mm (vgl. Tabelle 2).

KLIMAWANDEL – EIN BLICK ZURÜCK

Der Klimawandel ist bereits eindrücklich sichtbar. Die Abbildung 10 zeigt, wie sich das Klima in den vergangenen Jahrzehnten in der Schweiz verändert hat und wie Vegetation und Gletscher darauf reagieren. Die folgenden Abschnitte gehen auf einzelne dieser Entwicklungen näher ein.

Beobachtete Veränderungen

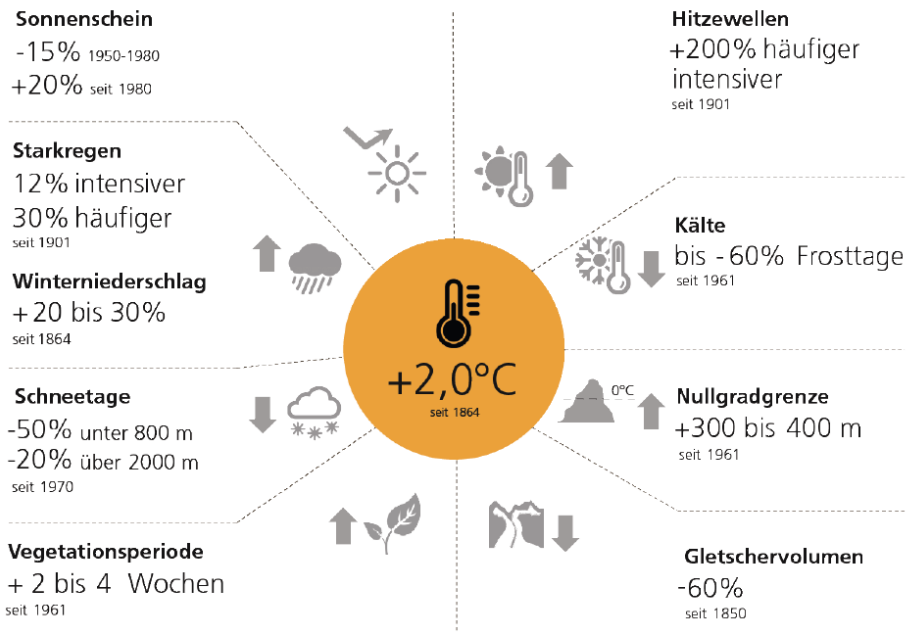


Abbildung 10. Beobachtete Veränderungen des Klimas in der Schweiz in den vergangenen Jahrzehnten. Quelle: NCCS, 2018.

TEMPERATUR

In Davos ist es in den vergangenen dreissig Jahren um $0,7^{\circ}\text{C}$ wärmer geworden (vgl. Tabelle 1). Mit einem Anstieg von $2,8$ auf $3,5^{\circ}\text{C}$ entfernt sich die mittlere Temperatur allmählich vom Gefrierpunkt. In der gleichen Zeit stieg die Mitteltemperatur auf Weissfluhjoch von $-2,5^{\circ}\text{C}$ auf $-1,9^{\circ}\text{C}$ an.

Tabelle 1. Jahresmittelwerte der Temperatur an Stationen der MeteoSchweiz in Davos. Quelle: MeteoSchweiz, 2020b.

Name Station	Höhe über Meer (m)	Klimanormwerte, Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	
		1961-1990	1981-2010
Davos Dorf	1594	2,8	3,5
Weissfluhjoch	2691	-2,5	-1,9

Die Erwärmung ist in den langjährigen Messreihen deutlich sichtbar. Gemittelt über die ganze Schweiz ist es seit Messbeginn um 1864 bis 2018 um 2°C wärmer geworden (vgl. Abbildung 10). Seit Beginn der achtziger Jahre wird es zudem deutlich rascher warm (vgl. Abbildung 11).

Übrigens: Während es in der Schweiz von 1864 bis 2018 um 2 °C wärmer geworden ist, ist es weltweit „nur“ um 0,9 °C wärmer geworden. Der Klimawandel ist bei uns viel stärker ausgeprägt, als im globalen Mittel. Dies deshalb, weil kein Ozean in der Nähe ist. Wasser erwärmt sich deutlich langsamer als die Landmasse. Zudem erwärmen sich Gebiete im Norden und im Gebirge rascher, als jene am Äquator.

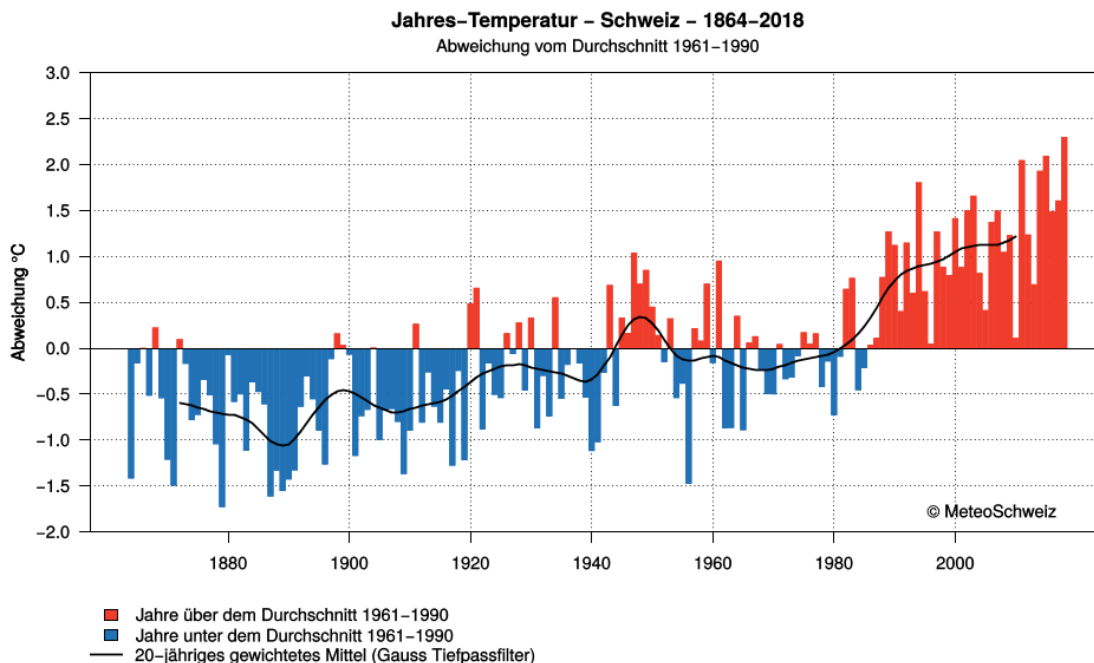


Abbildung 11. Abweichung der Jahrestemperatur in der Schweiz vom Durchschnitt der Normperiode 1961-1990. Die schwarze Linie zeigt den langfristigen Trend. Quelle: MeteoSchweiz. 2020c.

Mit der zunehmenden Wärme verschiebt sich die Nullgradgrenze in grössere Höhen. Sie ist seit 1961 schweizweit um 300 bis 400 m angestiegen. Die Vegetationszeit dauert heute zwei bis vier Wochen länger und auch die Gewässer sind wärmer geworden (vgl. Abbildung 10). Alle diese Entwicklungen sind klare Ausprägungen des Klimawandels.

SEHR HEISSE TAGE SIND HEISSER

Mit den Mittelwerten ändern sich auch die Extreme der Temperatur, also Hitze und Kälte. Hitzewellen sind in der Schweiz seit Beginn des letzten Jahrhunderts häufiger und intensiver geworden (vgl. Abbildung 10). Hitzetage bezeichnen Tage, an welchen das Thermometer 30 °C oder mehr anzeigt.

Auch die Werte für Davos zeigen, dass warme Tage häufiger und wärmer geworden sind. So sind die Sommertage (Tage mit Temperaturen bis oder über 25 °C) heute deutlich zahlreicher. Statt durchschnittlich 1,4 (Normperiode 1961-1990) werden heute (1981-2010) 3,5 Sommertage pro Jahr gezählt. Ein Blick auf die Abbildung 12 zeigt, dass ihre Zahl in den letzten Jahren nochmals deutlich zugelegt hat. Auf Weissfluhjoch wurden bis anhin noch keine Sommertage festgestellt.

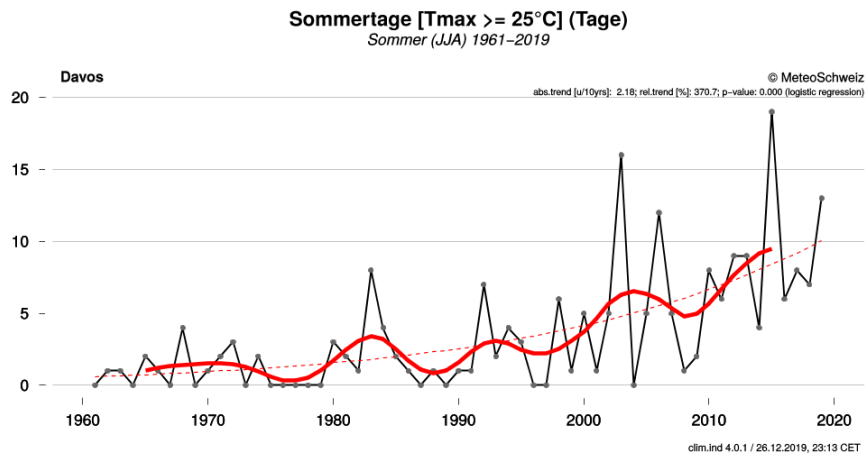


Abbildung 12. Die Sommertage sind in Davos insbesondere in den vergangenen Jahren deutlich zahlreicher geworden. Quelle: MeteoSchweiz, 2020d.

SEHR KALTE TAGE SIND SELTENER

Es wird in Davos im Vergleich zu früher weniger kalt. Dies zeigt sich z. B. an der Zahl der Frosttage (vgl. Abbildung 13). An einem Frosttag ist es zumindest kurzzeitig kälter als null Grad. In Davos werden seit der letzten Normperiode statt 210 heute 193 Frosttage pro Jahr gezählt. Auf Weissfluhjoch waren es in derselben Zeitspanne 18 Frosttage weniger. Schweizweit sind die Frosttage seit 1961 bis zu 60 % zurückgegangen (vgl. Abbildung 10).

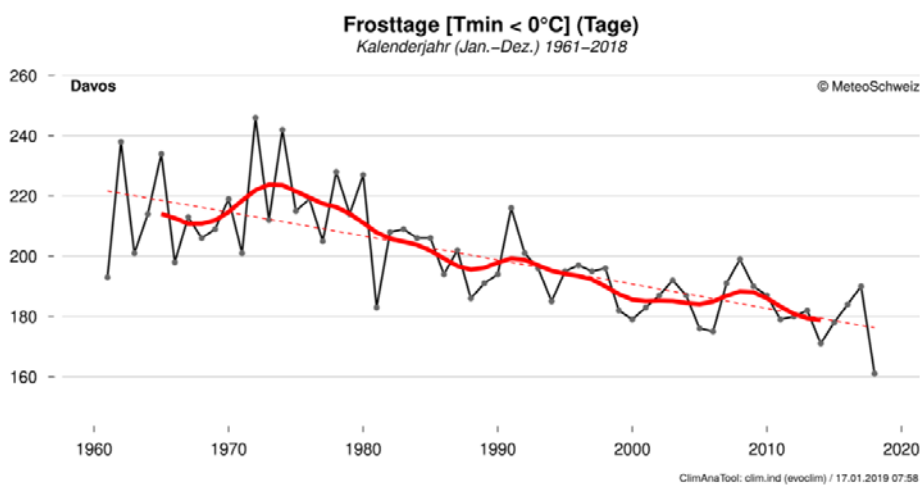


Abbildung 13. Die Frosttage sind in den vergangenen Jahren in Davos deutlich seltener geworden. Quelle: MeteoSchweiz, 2020d.

NIEDERSCHLAG

Das Niederschlagsregime beschreibt die Art und die Menge des Niederschlags im Jahresverlauf, also die Summe pro Jahr oder pro Saison, die Intensität, die Konsistenz (Schnee oder Regen) oder die Dauer von Phasen ohne Niederschlag.

Die jährliche Summe des Niederschlags ist heute kaum verändert gegenüber früher (vgl. Abbildung 14 und Tabelle 2). Dabei sind erhebliche Schwankungen der Niederschlagssumme von Jahr zu Jahr typisch.

Tabelle 2. Jahressummen des Niederschlags an Stationen der MeteoSchweiz in der Region. Quelle: MeteoSchweiz, 2020e.

Name Station	Höhe über Meer (m)	Klimanormwerte Niederschlagssumme (mm)	
		Jahre 1961-1990:	Jahre 1981-2010:
Davos Dorf	1594	999	1022
Davos Dischma	1710	992	1033
Weissfluhjoch	2691	1397	1411
Alvaneu Dorf	1162	1010	990
Andeer	987	933	981
Bergün / Latsch	1407	962	973
Bivio	1856	1175	1248
Filisur	1030	893	915
Tiefencastel	897	784	817

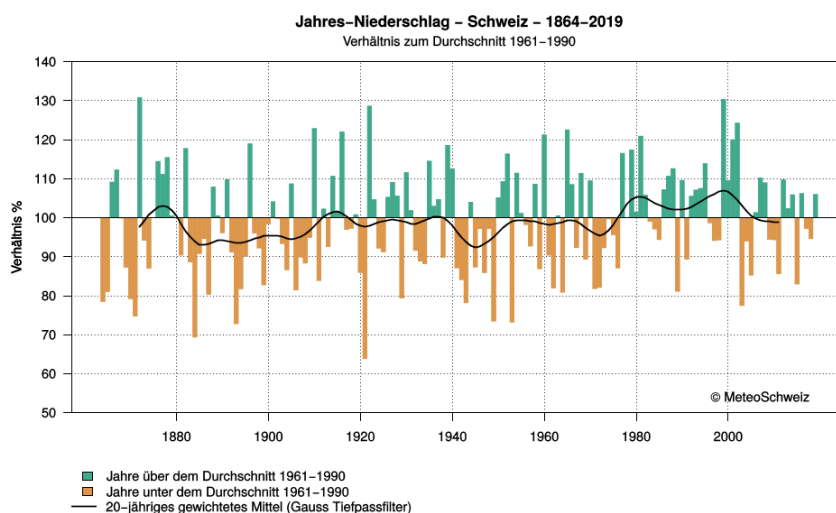


Abbildung 14. Jährliche Niederschlagssumme über die Jahre 1864 bis 2018 in der Schweiz. Dargestellt ist die Abweichung zur Norm von 1961 bis 1990. Jahre mit Niederschlagssummen über dem Normwert sind grün eingezeichnet, Jahre darunter gelb. Das 20-jährige gleitende Mittel ist als schwarze Linie eingezeichnet. Quelle: MeteoSchweiz, 2020c.

MEHR STARKNIEDERSCHLAG

Der Niederschlag ist zwar mengenmässig unverändert, er ist jedoch intensiver geworden, und zwar in allen Jahreszeiten. Starkregen- oder ergiebige Schneefälle sind seit dem Beginn des letzten Jahrhunderts um 12 % intensiver und um 30 % häufiger geworden (vgl. Abbildung 10). Zu den intensivsten Niederschlägen gehören in der Regel Gewitterregen.

In Davos ist der Trend hin zu mehr Starkniederschlag erst ansatzweise ersichtlich (vgl. Abbildung 15).

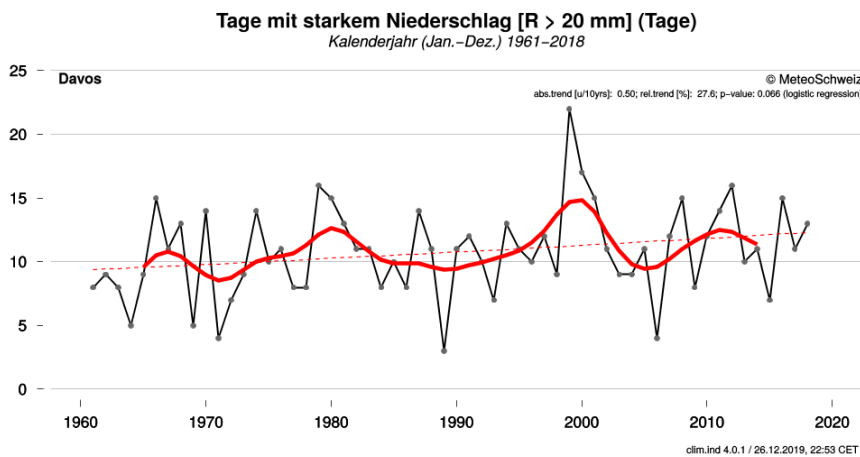


Abbildung 15. Tage mit starkem Niederschlag haben in Davos leicht zugenommen, zeigen aber erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr. Quelle: MeteoSchweiz, 2020d.

MEHR TROCKENHEIT?

Phasen in welchen der Niederschlag über eine längere Zeit ausbleibt haben sich schweizweit unterschiedlich entwickelt. In Genf und Locarno dauern Trockenphasen länger, in Basel kürzer und in St. Gallen sind sie unverändert. Auch in Davos haben sich die Trockenphasen kaum verändert (vgl. Abbildung 16). Das Jahr 2010 war in Davos z. B. ein ausgesprochen trockenes Jahr, das 2014 war dagegen eher nass.

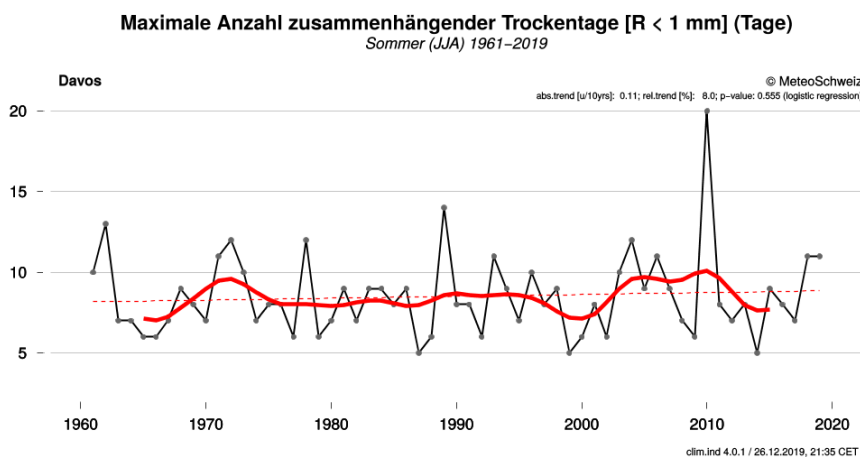


Abbildung 16. Ein Trend hin zu längeren Trockenphasen im Sommer ist in Davos (noch) kaum sichtbar. Quelle: MeteoSchweiz, 2020d.

WENIGER SCHNEEFALL

Obschon ergiebige Niederschläge leicht zugenommen haben, schneit es heute seltener und weniger. Seit 1970 haben die Tage, an denen es schneit, schweizweit auf rund 2000 m ü. M. um 20 % abgenommen, auf 800 m ü. M. um ungefähr 50 % (vgl. Abbildung 10).

Würden in Davos sämtliche Neuschneefälle eines Jahres aufeinander getürmt (und zwar ohne dass der Schnee sich setzt!), so wäre dieser Turm im Mittel der letzten Jahre 469 cm hoch. In den Jahren 1961 bis 1990 türmte sich der Neuschnee noch ganze 77 cm höher auf. Auf Weissfluhjoch ist die Neuschneemenge in derselben Zeit um 74 auf 981 cm zurückgegangen. Entsprechend sind auch die Tage seltener, an denen es schneit (vgl. Abbildung 17).

In den vergangenen Jahrzehnten gab es aber nicht nur weniger Schneefall, sondern der Schnee blieb auch weniger lang am Boden liegen. In Davos sind es unterdessen 13 Tage weniger, an denen Schnee den Boden bedeckt. Im Durchschnitt der Jahre 1961 bis 1990 lag noch während 168 Tagen im Jahr Schnee. Auf Weissfluhjoch ist der Boden um 11 Tage weniger lange schneebedeckt, aber es liegt hier immer noch während rund neun Monaten Schnee.

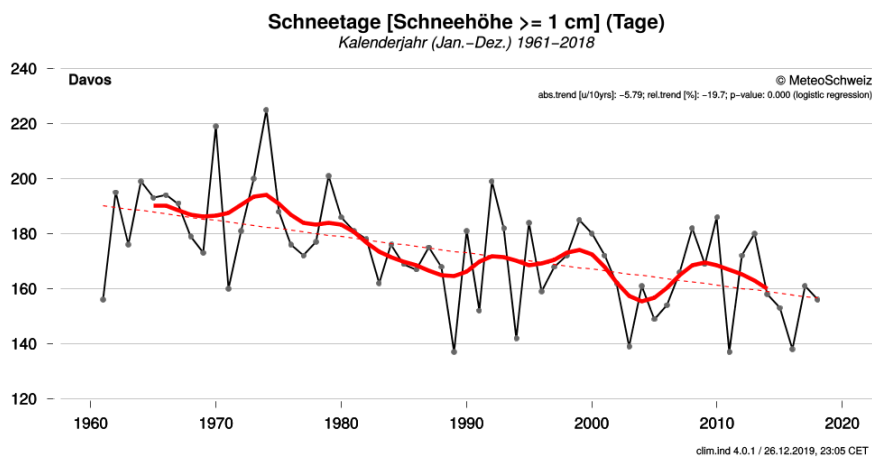


Abbildung 17. Entwicklung der jährlichen Anzahl Tage mit einer Schneedecke (mehr als 1 cm Schnee am Boden) über die Jahre 1961 bis 2018 in Davos. Das 20-jährige gleitende Mittel ist fett rot eingezeichnet, der lineare Trend ist rot gestrichelt dargestellt. Quelle: MeteoSchweiz, 2020d.

DAS KLIMA NACH DER LETZTEN EISZEIT

Im Verlauf der Erdgeschichte hat sich das Klima mehrfach massgeblich verändert (vgl. Modul „Natürliche Ursachen von Klimaschwankungen“). Die wichtigsten Ursachen dafür sind veränderte Position und Umlaufbahn der Erde um die Sonne, Vulkanausbrüche oder veränderte Zusammensetzung der Atmosphäre (Anteil der Treibhausgase). Hinzu kommt, dass jede Abkühlung und Erwärmung die atmosphärische Zirkulation und die Meeresströmungen beeinflusst und so werden auch diese Zirkulationsprozesse mitgewirkt haben.

DAS HOLOZÄN

Das Holozän beginnt mit dem Ende der letzten Eiszeit (Würm-Eiszeit) vor rund 12'000 Jahren und dauert bis heute an. In dieser Zeit hat sich unsere Kultur entwickelt und wesentliche Elemente unseres Lebensraums wie Seen, Flüsse oder Wälder sind in dieser Zeit entstanden.

In den vergangenen rund 12'000 Jahren war das Klima im Vergleich zu den vorhergehenden Epochen stabil. Dennoch wechselten sich kältere und wärmere Phasen ab. Besonders warm war es in der Zeit zwischen 4000 bis 5000 Jahren vor heute; diese Phase wird auch als „Postglaziales Klimaoptimum“ bezeichnet. Damals waren die Sommer wärmer und die Winter milder als heute. Ebenfalls warm war es von 6000 bis 7000 Jahren vor heute. Vor 5000 bis 6000 Jahren entstanden die ersten neolithischen Kulturen, die Menschen wurden sesshaft, betrieben Ackerbau und Viehzucht. Weiter waren die Römerzeit und das Mittelalter vergleichsweise warm. Kalt war es hingegen während der Zeit vor ca. 2000 bis 2500 und um 1600 bis 1200 Jahren vor heute, also zur Zeit der Völkerwanderung und schliesslich während der sogenannten Kleinen Eiszeit in den Jahren 1600 bis 1850.

Ausgeprägt kalt war es in den Jahren 1816/17. *„Ein Fehljahr zu Berg und Tal. Wenig Gras, in den Alpen bleibt der Schnee liegen. Jede Woche Schnee bis in den Wald herunter. Unerhörter Weidemangel. Ausnahmsweise Heuen am Sonntag erlaubt. 1817 herrschte grosse Not und Teuerung. Dazwischen ein schwerer Winter.“* Ist in Laely (1984) nachzulesen. Als Hauptursache für die grosse Kälte wird heute der Ausbruch des indonesischen Vulkans Tambora im April 1815 angesehen.

Der Startpunkt des Holozäns ist übrigens international genau definiert. Als Massstab dient ein Eisbohrkern aus Grönland. Dieser weist in 1492,45 m Tiefe einen Deuterium-Gehalt (Deuterium ist ein Isotop des Wasserstoffs) auf, wie er für den Übergang von typisch glazialen Werten auf typisch interglaziale Werte festgestellt wurde. Diese Änderungen in den Isotopenwerten dokumentieren den schnellen Temperaturanstieg. Diese offizielle Richtmarke für den Beginn des Holozäns wurde radiometrisch auf ein absolutes Alter von „11'700 Jahre vor dem Jahr 2000“ datiert, mit einer Unsicherheit von 99 Jahren.

KLIMASZENARIEN – EIN AUSBLICK

Das zukünftige Klima wird mithilfe von Szenarien beschrieben. Ein Szenario ist ein Ablauf von möglichen Ereignissen. Im Fall des Klimas mussten die Forschenden Annahmen zu den zukünftigen Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre treffen. Das heisst, sie mussten abschätzen, wie ernsthaft die Weltgemeinschaft das Klima schützen, respektive ihre Treibhausgasemissionen verringern wird. Denn davon hängt der Klimawandel weitgehend ab.

Die Forschenden haben drei verschiedene Szenarien zur Entwicklung der Treibhausgaskonzentration gewählt. Es sind die folgenden drei Szenarien (vgl. Tabelle 3):

- Das erste Szenario nimmt an, dass der Klimaschutz ernst genommen wird und dass bis 2050 keine fossilen Brenn- und Treibstoffe mehr verbrannt werden. Dieses Szenario heisst RCP2.6. RCP steht für *Representative Concentration Pathway*. Bei diesem Szenario gelingt es der Weltgemeinschaft, die Erwärmung weltweit auf unter 2 °C zu beschränken, im Vergleich zum vorindustriellen Niveau. Genau dies möchte das Abkommen von Paris erreichen. Diesem Ziel hat sich auch die Schweiz angeschlossen und mit ihr der Kanton Graubünden.
- Das zweite Szenario ist weniger optimistisch. Das RCP4.5 berücksichtigt Massnahmen zum Klimaschutz, die jedoch das 2 °C-Ziel verfehlen.
- Das dritte Szenario rechnet damit, dass der Klimaschutz nicht ernstgenommen wird und weiter wie bisher Treibhausgase ausgestossen werden. Die Folge ist, dass die Erwärmung ungebremst weiter geht. Dieses Szenario heisst RCP8.5.

Tabelle 3. Die Szenarien zu den Treibhausgasen sind Grundlage für die Klimaszenarien. Quelle: CH2018, 2018.

Bezeichnung	Szenario
RCP8.5	Keine effektiven Massnahmen zum Schutz des Klimas.
RCP4.5	Massnahmen zum Schutz des Klimas reichen nicht für das 2 °C-Ziel.
RCP2.6	Massnahmen führen zum Erreichen des 2 °C-Ziels.

Die Treibhausgaskonzentrationen werden in den sogenannten Strahlungsantrieb umgerechnet und dieser wiederum in die zu erwartende Erwärmung.

Die Szenarien werden für drei Perioden angegeben. Es sind dies die Jahre 2020 bis 2049 (kurz 2035), 2060 (von 2045 bis 2074) und 2085 (von 2070 bis 2099). Die jeweiligen Klimaperioden ergeben die Normwerte für jenen Zeitabschnitt.

Die Ergebnisse der Szenarien werden mit Normwerten aus der Vergangenheit verglichen. Als Referenzperiode gilt die aktuelle Normperiode (1981 bis 2010). Für den Vergleich mit der vorindustriellen Zeit gilt die Periode 1864 bis 1900. Diese wird für die weltweiten Temperaturangaben (z.B. das 2 °C-Ziel) als Referenz herangezogen.

Um einigermaßen robuste Werte für die Klimaszenarien zu erhalten, wird die Schweiz in fünf Klimaregionen ähnlicher Grösse aufgeteilt. Davos und der Parc Ela werden derselben Region zugeordnet, der CHAE (Eastern Swiss Alps).

Die folgenden Kapitel beschreiben die Klimaszenarien für die Temperatur und für den Niederschlag in der Region Davos und im Parc Ela. Als Szenario wird in der Regel das RCP8.5 herangezogen. Dieses Szenario zeigt auf was passiert, wenn die Weltgemeinschaft den Schutz des Klimas weiterhin vernachlässigt.

Das sogenannte 2 °C-Ziel besagt, dass bis Mitte dieses Jahrhunderts die Temperatur im Vergleich zur vorindustriellen Zeit global deutlich weniger als 2 °C ansteigen darf, damit nichts Gravierendes passiert. Für uns bedeutet dies übersetzt: deutlich weniger als 3,3 °C gegenüber der vorindustriellen Zeit. Die 2 °C-Erwärmung wurde bei uns bereits im 2018 erreicht.

SZENARIEN DER TEMPERATUR

Die Temperatur wird sich in den kommenden Jahrzehnten erheblich ändern:

- die mittlere Temperatur wird zunehmen,
- sehr warme Tage werden noch wärmer und zahlreicher,
- sehr kalte Tage werden seltener.

Dieses Kapitel beschreibt die zu erwartenden Veränderungen der Temperatur in den kommenden Jahrzehnten.

ES WIRD ZUNEHMEND WÄRMER

Die Klimaszenarien zur Temperatur zeigen ein eindeutiges Bild. Bei ungebremst steigenden Treibhausgasemissionen (RCP8.5) wird es in der Region bis Mitte des Jahrhunderts um ca. 2,8 °C wärmer als heute. Gelingt es hingegen den Treibhausgasausstoss rasch zu senken (RCP2.6), so wird es zwar dennoch wärmer, aber „nur“ um 1,4 °C gegenüber heute. In den Alpen steigt die Temperatur stärker als im Flachland; sie nimmt tendenziell mit der Höhe zu. Generell steigt sie im Sommer stärker an als im Winter (vgl. Abbildung 18 bis 20). Tiefer gelegene Messstationen in Graubünden, z. B. Chur, erreichen bis Mitte des Jahrhunderts ohne Klimaschutz (RCP8.5) Sommertemperaturen wie sie im Mittel heute an den wärmsten Stationen im Tessin registriert werden.

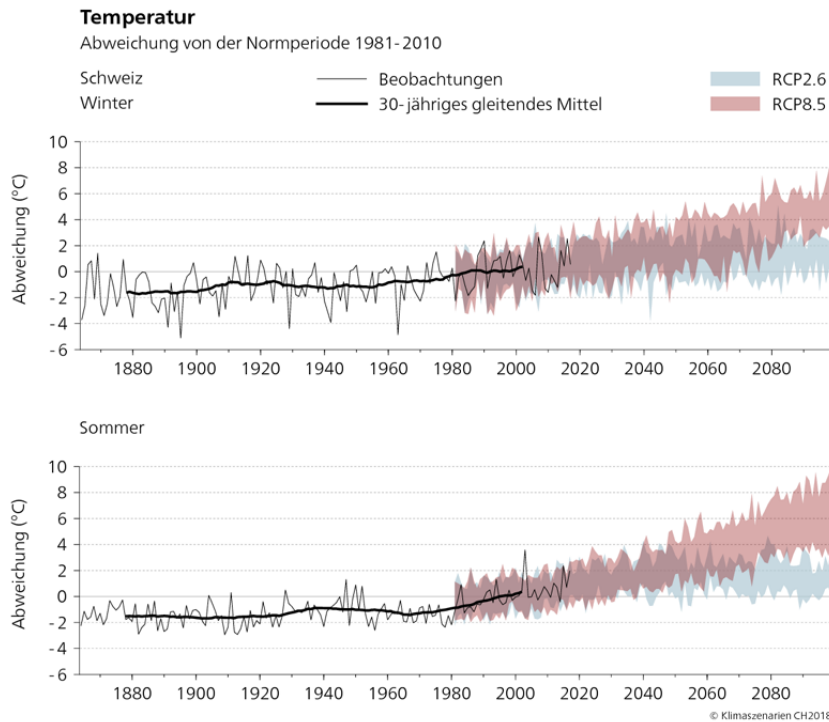


Abbildung 18. Abweichung der mittleren Temperatur gegenüber der Normperiode für die Jahreszeiten Winter (Dezember bis Februar) und Sommer (Juni bis August) in den Alpen. Dargestellt sind Beobachtungen (in schwarz) und Klimasimulationen für die Emissionsszenarien RCP8.5 (rot) und RCP2.6 (blau). Die farbigen Flächen zeigen die Bandbreite der Simulationen mit verschiedenen Klimamodellen. Quelle: NCCS, 2018.

SEHR WARME TAGE WERDEN HÄUFIGER UND HEISSER

Auch die Extremwerte der Temperatur ändern sich. Hitzewellen zum Beispiel werden in den kommenden Jahrzehnten häufiger und auch heisser, und sie werden länger dauern als bisher. In Davos werden bis 2060 bis sieben Hitzetage (Temperaturen von 30 °C und mehr) pro Jahr erwartet, resp. rund 20 Sommertage mit Temperaturen von 25 °C und mehr (RCP8.5; vgl. Abbildung 19). Im unteren Misoix, der wärmsten Region Graubündens, werden bis ins Jahr 2060 zusätzlich 30 bis über 60 Hitzetage erwartet. Insbesondere in eng bebauten Siedlungen werden sehr heisse Tage verstärkt zunehmen, weil Strassen und Wände die Luft zusätzlich aufheizen.

Die Anzahl Tage mit grossem Hitzestress (heiss und zugleich feucht) steigt mit der Erwärmung nicht linear an - unter dem RCP8.5-Szenario werden gar drei bis fünfmal mehr Hitzetage erwartet, als unter RCP2.6. Die Schweiz ist ein Hotspot in punkto Veränderungen der sehr warmen Sommertemperaturen, genauso wie das zentrale und südliche Europa.

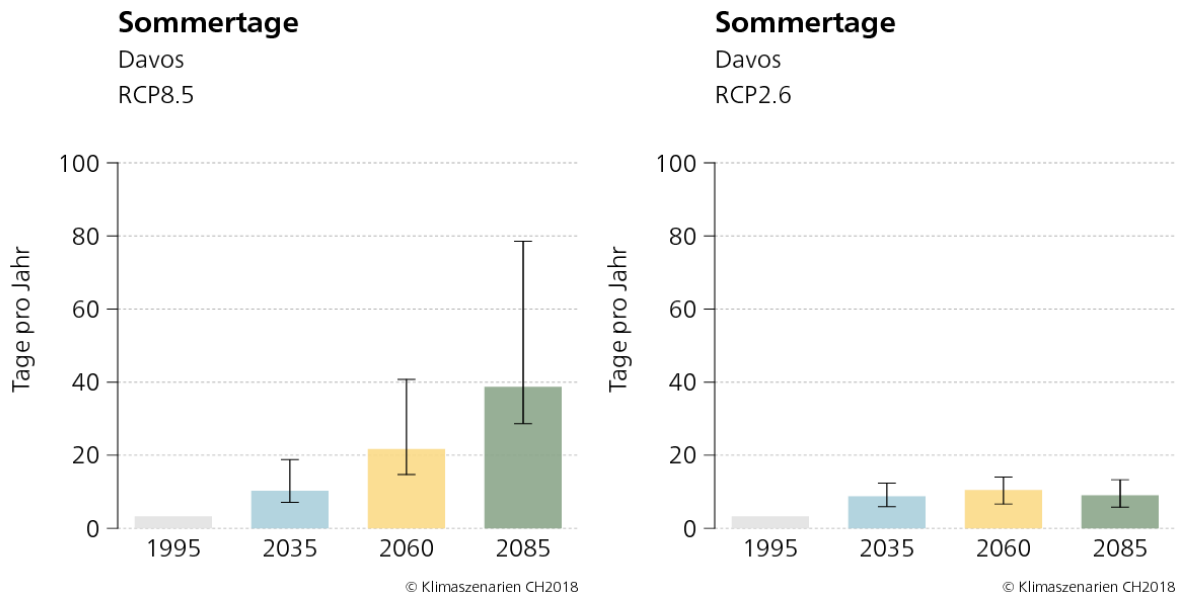


Abbildung 19. Erwartete Anzahl Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) in Davos mit den Emissionsszenarien RCP8.5. und RCP2.6. Quelle: CH2018-webatlas.

SEHR KALTE TAGE WERDEN SELTENER UND WENIGER KALT

Frosttage sind Tage, an welchen die Minimumtemperatur unter 0°C fällt. In Davos geht die Zahl der Frosttage bis 2060 um 37 Tag zurück, von 192 auf ungefähr 155 Tage im Jahr (RCP8.5). Mit engagiertem Klimaschutz (RCP2.6) werden die Frosttage weniger selten (vgl. Abbildung 20).

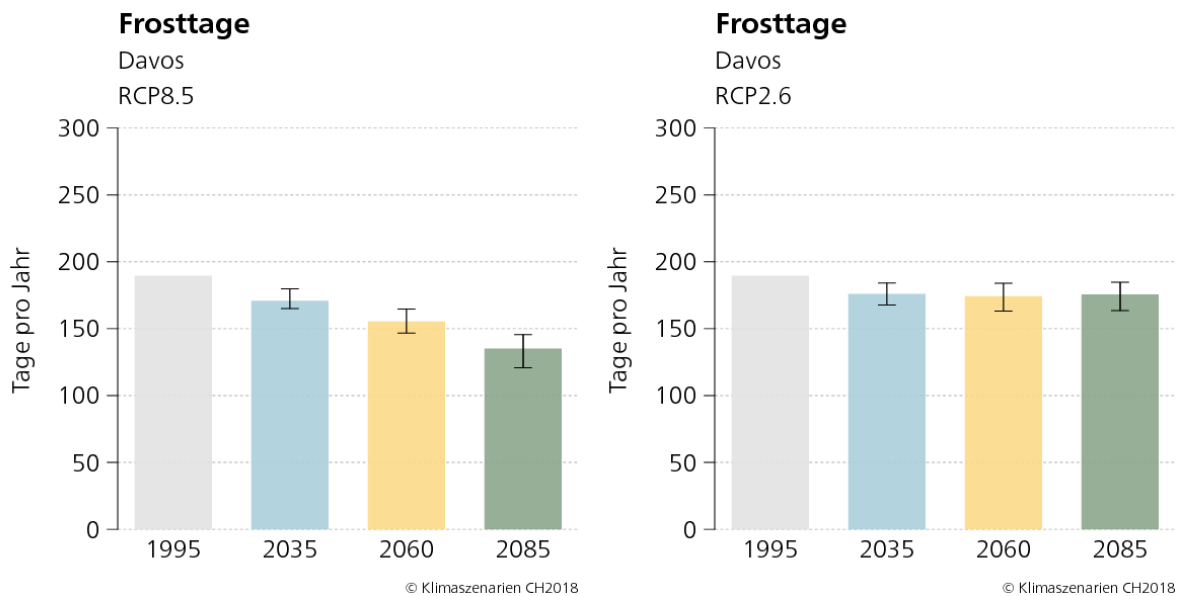


Abbildung 20. Erwartete Anzahl Frosttage pro Jahr in Davos mit den Emissionsszenarien RCP8.5 und RCP2.6. Quelle: CH2018-webatlas.

SZENARIEN DES NIEDERSCHLAGS

Das Niederschlagsregime wird sich in kommenden Jahrzehnten erheblich ändern:

- die Intensität nimmt zu (Menge pro Zeit),
- die Konsistenz geht in Richtung wässrig (mehr Regen, weniger Schnee),
- im Sommer fällt tendenziell weniger Niederschlag,
- im Winter fällt tendenziell mehr Niederschlag,
- der Jahresniederschlag bleibt in der Summe annähernd gleich.

Dieses Kapitel zeigt, wie sich der Niederschlag in den kommenden Jahrzehnten erwartungsgemäss verändern wird.

DIE JAHRESSUMME DES NIEDERSCHLAGS BLEIBT MEHR ODER WENIGER GLEICH

Die Jahressumme des Niederschlags wird sich in den kommenden Jahrzehnten bis 2060 kaum verändern (vgl. Abbildung 21).

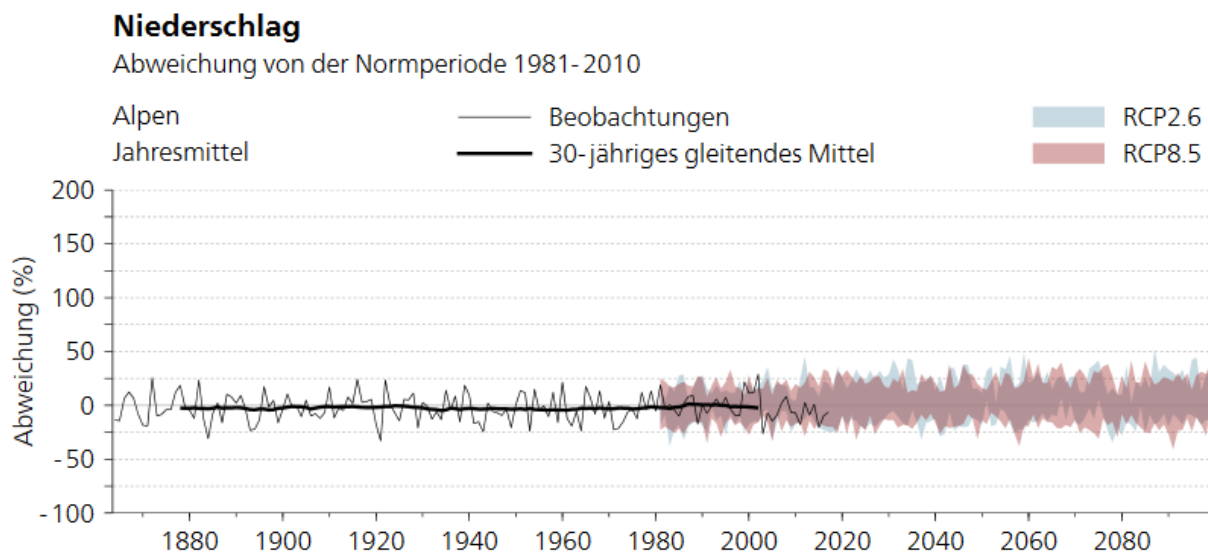


Abbildung 21. Abweichung des mittleren Niederschlags gegenüber der Normperiode. Dargestellt sind Beobachtungen und Klimasimulationen für die Emissionsszenarien RCP8.5 und RCP2.6. Die farbigen Flächen zeigen die Bandbreite der Simulationen mit verschiedenen Klimamodellen und beinhalten zufällige Schwankungen von Jahr zu Jahr sowie systematische Modellunsicherheiten. Quelle: NCCS, 2018.

Hingegen ist der Niederschlag übers Jahr anders verteilt. Klimamodelle zeigen, dass es im Winter (Dezember bis Februar) tendenziell mehr und im Sommer weniger Niederschlag geben wird (vgl. Abbildung 22).

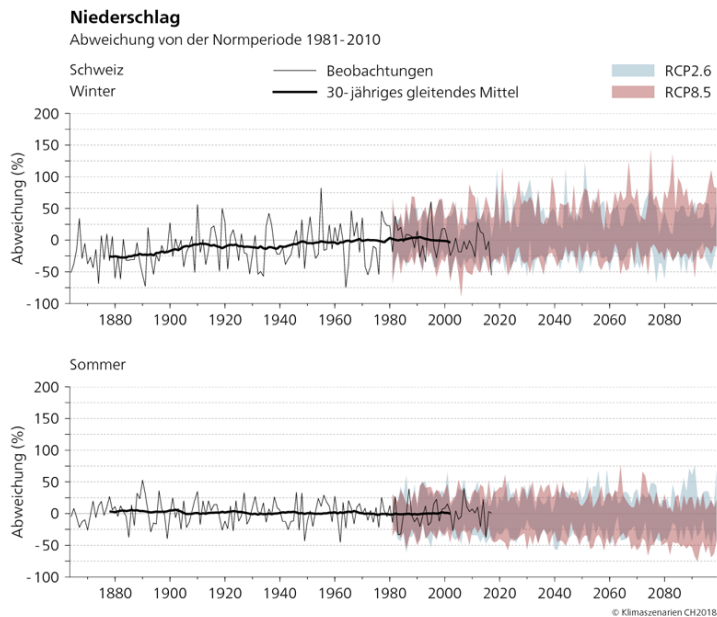


Abbildung 22. Abweichung des mittleren Niederschlags gegenüber der Normperiode für die Jahreszeiten Winter (Dezember bis Februar) und Sommer (Juni bis August). Dargestellt sind Beobachtungen und Klimasimulationen für die Emissionsszenarien RCP8.5 und RCP2.6. Die farbigen Flächen zeigen die Bandbreite der Simulationen mit verschiedenen Klimamodellen und beinhalten zufällige Schwankungen von Jahr zu Jahr sowie systematische Modellunsicherheiten. Quelle: NCCS, 2018.

STARKNIEDERSCHLÄGE WERDEN HÄUFIGER UND INTENSIVER

Starkniederschläge werden häufiger und intensiver werden und zwar in allen Jahreszeiten. Das hat einen physikalischen Grund:

Der maximal mögliche Gehalt an Feuchtigkeit in der Luft ist durch das sogenannte Clausius-Clapeyron-Verhältnis definiert. Er nimmt um 6 bis 7 % zu, pro Grad der Erwärmung. Starkniederschlagsereignisse werden wahrscheinlich im gleichen Verhältnis zunehmen. Allerdings spielen auch andere Faktoren eine Rolle, wie grossräumige Zirkulation, Grosswetterlagen und die Schichtung der Atmosphäre.

TROCKENHEIT

Der Klimawandel beeinflusst die Trockenheit über das Niederschlagsmuster, die Strahlung, die Lufttemperatur, die Luftfeuchte und den Wind. Gemäss CH2018 zeigt sich eine Tendenz hin zu längeren Perioden ohne Niederschlag im Sommer. Das Risiko für Trockenheit steigt, weil die Mitteltemperatur ansteigt und mit ihr die Verdunstung. Langfristig werden die mittlere Niederschlagsmenge in den Sommermonaten ab- und die Verdunstung zunehmen. Die Böden werden trockener.

Das Ausmass dieser anstehenden Trockenphasen ist aber sehr unsicher. Dies kommt unter anderem daher, dass die Schweiz zwischen Süd- (starke Zunahme trockener Phasen) und Nordeuropa (mehr

Niederschlag, insbesondere im Winter) liegt. Allerdings sorgt allein schon die zunehmende Wärme dafür, dass die Böden mehr austrocknen.

ES WIRD WENIGER SCHNEIEN

Mit der zunehmenden Wärme steigt die Nullgradgrenze weiter an und damit wird es mehr Regen und weniger Schnee geben. Bis Ende des Jahrhunderts schneit es um knapp 50 % weniger (RCP8.5), insbesondere in Höhenlagen von 500 bis 1000 m ü. M. Weiter oben hingegen (>2000 m ü. M.) könnte es etwas mehr schneien. Dies deshalb, weil der Niederschlag im Winter tendenziell zunimmt.

Noch zu Beginn des letzten Jahrhunderts lag die Nullgradgrenze im Winter bei etwas über 400 m ü. M. Somit war in Chur bei Niederschlag zwischen Dezember und Februar immer mit Schnee zu rechnen. Im Durchschnitt der Jahre 1980-2010 lag die Nullgradgrenze bereits etwa auf der Höhe von Tiefencastel, welches 850 m ü. M. liegt. Bis im Jahr 2060 erreicht sie ungefähr Bergün auf rund 1360 m ü. M. und um 2080 würde sie bereits oberhalb von Davos liegen, wenn wir uns wie bisher kaum im Klimaschutz engagieren. Mit der steigenden Nullgradgrenze sinkt die Zahl der Neuschneetage. Sie werden in Davos von heute 69 auf 35 im Jahr 2060 (RCP8.5) zurückgehen.

Welche möglichen Folgen diese Entwicklungen auf das Leben und Wirtschaften in der Region haben können wird im Modul „Wirtschaft und Gesellschaft“ eingehend beschrieben.

UNSICHERHEITEN

Das Klima ist ein äusserst komplexes System, bei dem zahlreiche Abläufe ineinander greifen. Die Klimamodelle sind vereinfachte Abbildungen dieses Systems und seiner Prozesse. Sie schaffen eine Vorstellung davon, wie sich der Lebensstil der Menschen auf das Klima auswirken kann. Die Klimaforschung arbeitet weiterhin daran, das Klimasystem immer besser durch numerische Modelle zu erfassen. Dadurch und durch die zunehmende Qualität, Länge und Anzahl der Datenreihen zu den verschiedenen meteorologischen Grössen lassen sich die Unsicherheiten zumindest auf der Seite der meteorologischen Prozesse verringern. Was bleibt ist die Unsicherheit, wie stark sich die Gesellschaft um den Klimaschutz bemühen wird.

SCHLUSSBEMERKUNG

In unserer Region ist es vergleichsweise kühl. Unser Leben, unsere Wirtschaft mit dem Wintertourismus und unsere Natur sind auf die Kälte im Wechsel der Jahreszeiten eingestellt. Sehr heiße Tage sind selten, hingegen zieren Gletscher unsere Berggipfel und im Winter liegt Schnee.

Mit dem Klimawandel ändern sich die Umstände. Laue Sommerabende werden häufiger und darauf können wir uns freuen. Aber es werden auch die Schattenseiten des wärmeren Klimas deutlich: Der Schnee wird mehr und mehr dem Regen weichen. Der Klimawandel stellt Bevölkerung und Wirtschaft vor etliche Herausforderungen und die Natur um uns ebenso. Nur eine Abkehr von den fossilen Energiequellen Heizöl, Benzin oder Diesel kann diese Entwicklung abbremsen, sodass wir noch lange das kühle Klima genießen können.

LITERATURVERZEICHNIS

- BAFU (Bundesamt für Umwelt). 2012b. Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. Bern, 66S.
- Büntgen U, Tegel W, Nicolussi K, McCormick M, Frank D, Trouet V, Kaplan JO, Herzig F, Heussner KH, Wanner H, Luterbacher J, Esper J. 2011. 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility. *SCIENCE*, VOL 331, 578-582.
- CH2018. 2018. CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zürich, 271 S.
- Climate-data.org. 2020. Daten und Graphen zum Klima und Wetter für Tiefencastel [online]. www.climate-data.org. Abgerufen am 20.3.2020.
- Denzler HU. 1866. Über die klimatischen Verhältnisse auf hohen Berggipfeln. Jahrbuch des Schweizer Alpenclub. Dritter Jahrgang; S. 523- 530.
- Flato G, Marotzke J, Abiodun B, Braconnot P, Chou SC, Collins W, Cox P, Driouech F, Emori S, Eyring V, Forest C, Gleckler P, Guilyardi E, Jakob C, Kattsov V, Reason C and M. Rummukainen. 2013. Evaluation of Climate Models. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Gamper M, Suter J. 1982. Postglaziale Klimageschichte der Schweizer Alpen. *Geographica Helvetica*, 1982-Nr. 2.
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K and CA Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- Kerner von Marilaun A. 1863. *Das Pflanzenleben der Donauländer*. Innsbruck, Wagner, 306 S.
- Laely A. 1984. *Davoser Heimatkunde. Beiträge zur Geschichte der Landschaft Davos*. 2. Auflage. Verlag Genossenschaft Davoser Revue, Davos, 275 S.
- NCCS (Hrsg.). 2018. CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich.
- MeteoSchweiz. 2012. *Klimabericht Kanton Graubünden 2012, Fachbericht MeteoSchweiz,242*, 56 pp.
- MeteoSchweiz. 2020a. *Klima der Schweiz* [online]. www.meteoschweiz.admin.ch. Abgerufen am 12.2.2020.
- MeteoSchweiz. 2020b. *Klimadiagramme und Normwerte pro Station* [online]. www.meteoschweiz.admin.ch. Abgerufen am 12.2.2020.

MeteoSchweiz. 2020c. Zeitliche Entwicklung von Temperatur und Niederschlag seit 1864 [online]. www.meteoschweiz.admin.ch. Abgerufen am 12.2.2020.

MeteoSchweiz. 2020d. Hitzetage, Frosttage und andere Indikatoren [online]. www.meteoschweiz.admin.ch. Abgerufen am 12.2.2020.

MeteoSchweiz. 2020e. Normwerte pro Messgrösse [online]. www.meteoschweiz.admin.ch. Abgerufen am 12.2.2020.

Meteorologische Centralanstalt der schweizerischen naturforschende Gesellschaft. 1864. Schweizerische Meteorologische Beobachtungen. Zürich, 672 S.

Vuagneux R. 1983. Glazialmorphologische und gletschergeschichtliche Untersuchungen im Gebiet Flüelapass (Graubünden, Schweiz). Diss. phil. II, Geographisches Institut, Universität Zürich, Zürich, 249 S. in: Physische Geographie, Bd. 10, Geogr. Inst. Uni Zürich.