Topografie und Klima

Topografie und Klima sind prägende Faktoren einer Landschaft und der darin lebenden Menschen, besonders in einer Gebirgsregion wie Graubünden. Sie ermöglichen oder erschweren Landwirtschaft, Verkehr und Handel; von ihnen gehen Gefahren aus. Gesellschaften müssen mit Veränderungen des Klimas umgehen. Seit mehr als fünfzig Jahren ist der Mensch die treibende Kraft des Klimawandels.

Graubünden ist der grösste Gebirgskanton der Schweiz. Die Hälfte des Kantonsgebiets liegt oberhalb von 2100 Metern über Meer. Durch Graubünden verläuft die Grenze zwischen West- und Ostalpen, geologisch zwischen penninischen und ostalpinen Decken. Die Bündnerschiefer des Penninikums sind landschaftsprägend. Während der letzten Eiszeit war das heutige Kantonsgebiet vom Rhein- und vom Inngletscher bedeckt. Die Gletscher haben die Landschaft überformt. Spuren wie Gletscherschliff, Toteisseen, Gletschertöpfe und Rundhöcker sind besonders im Engadin gut sichtbar.

Nach dem Rückzug der eiszeitlichen Gletscher blieben instabile Berghänge zurück, es kam zu Bergstürzen wie demjenigen von Flims vor etwa 9450 Jahren, dem grössten Bergsturz der Alpen. Auch in den letzten 500 Jahren gab es immer wieder Bergstürze im damaligen oder heutigen Territorium Graubündens. In neuester Zeit sind die Bergstürze von Bondo 2017 und Brienz/Brinzauls 2023 zu nennen. 02.01, ▶ 12 Naturgefahren Landschaftsprägend sind auch die 444 Gletscher. Seit dem letzten Maximalstand Mitte des 19. Jahrhunderts hat sich die Gletscherfläche halbiert. Viele kleine Gletscher sind ganz verschwunden.¹

02.08 **Rückgang des Porchabella-Gletschers 1950–2022**Heute ist auch von den grösseren Gletschern nicht mehr viel zu sehen.

Die vergleichenden Aufnahmen vom Standpunkt der Kesch-Hütte in

Richtung Piz Kesch zeigen den Porchabella-Gletscher ca. 1954 und 2022



Der Gletscherrückgang verlief dabei in mehreren Phasen. Ein starker Rückzug ereignete sich in den 1940er- und 1950er-Jahren, die relativ warm und trocken waren. Insbesondere seit den 1990er-Jahren hat sich der Gletscherrückgang nochmals stark beschleunigt. Zusammen mit dem auftauenden Permafrost und den intensiveren Starkniederschlägen verschärft sich damit die Naturgefahrensituation. 02.01, 02.02, 02.08

In Graubünden wurden vergleichsweise früh, ab 1749, meteorologische Messungen durchgeführt. Der Mathematiker Johann Heinrich Lambert mass in Chur Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit.² Diese viertälteste Messreihe der Schweiz umfasste allerdings nur wenige Jahre. Ab 1781 wurden Messungen häufiger und regelmässiger. Sie gingen aber immer noch von Einzelpersonen wie Johann Rudolf von Salis-Marschlins oder Johann Ulrich von Salis-Seewis aus. 02.04, 02.05

Im 19. Jahrhundert kamen weitere Reihen dazu, beispielsweise ab 1826 eine Messreihe in Bever, wo sich oft ein Kaltluftsee bildet. Bereits wenig später, am 1. Februar 1830, wurde dort eine Temperatur von –30 Grad Celsius gemessen. Eine Kuriosität ist das dichte Messnetz in den 1850er-Jahren. Auch dahinter steht eine Einzelperson: Christian Gregor Brügger errichtete ein Netz mit freiwilligen Beobachterinnen und Beobachtern. Von 80 Stationen liegen kurze Messreihen vor. Brügger verstand das Netz als Dienst an der Wissenschaft. Die Daten wurden in Zeitungen publiziert, fanden aber in der Öffentlichkeit nur geringes Interesse. Auch der Enthusiasmus der Beobachtenden liess nach, sodass das Netz nicht lange Bestand hatte. Immerhin dienten die Daten der



O2.01
Gletscherlische hat sich seit 1850
schweizweit halbiert. Dies zeigt für Graubünden der Vergleich der Gletscherfläche
in den Jahren 1850 und 2016. Eingezeichnet sind zudem die grösseren Bergstürze der
letzten 500 Jahre.

Gletscherfläche in Graubünden 1850
Gletscherfläche in Graubünden 2016
Gletscherfläche in Graubünden 2

02.02 Längenänderungen von Gletschern, 1880–2020

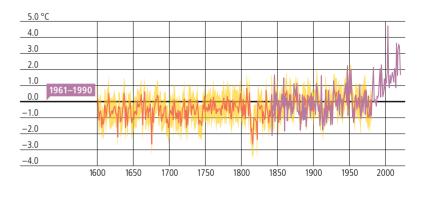
Die Längen der Schweizer Gletscher werden seit etwa 1880 systematisch erfasst und zeigen einen starken Rückgang über die gesamte Zeit. Dies zeigt auch ein Vergleich der Längenänderungen der Gletscher Morteratsch, Porchabella und Lavaz relativ zum Jahr 1900.

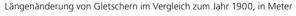
Porchabella –1383 m
Lavaz –1681 m
Morteratsch –2574 m

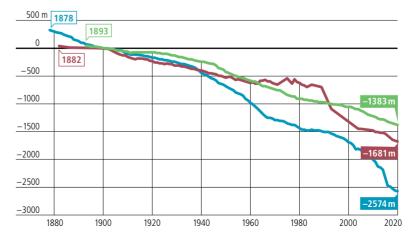
Sommertemperaturen, 1600–2024

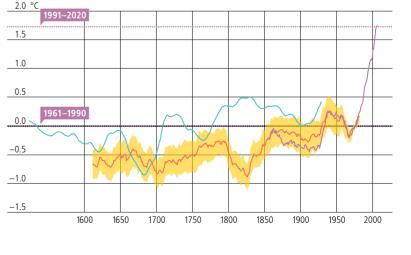
Die Sommertemperatur in den Alpen seit 1600 erreicht zu Beginn des 19. Jh. ein Minimum. Geglättete Kurven der Abweichung der Sommertemperatur vom durchschnittlichen Mittelwert der Jahre 1961–1990 zeigen, dass die aktuelle Klimaerwärmung alle vergangenen Schwankungen weit übertrifft. Die obere Figur zeigt eine Rekonstruktion (Anm. 6) sowie eine aus Daten von Marschlins und Bad Ragaz zusammengesetzte Messreihe. Die untere Figur zeigt 30-jährige gleitende Mittelwerte derselben Kurven, dazu eine Rekonstruktion aus einem Sedimentkern des Silvaplanersees (Anm. 5).

Abweichungen von der Durchschnittstemperatur 1961–1991 in °C (0.0), 1600–2000









Rekonstruktion AlpenMessungen Marschlins/Bad RagazUnsicherheitsbereich

Sedimente Silvaplanersee

Ab Dezember 1863 baute die Schweizer Naturforschende Gesellschaft ein nationales Messnetz auf, das heute durch MeteoSchweiz betrieben wird.⁴ Die Zahl der Stationen in Graubünden war zwar deutlich kleiner als in Brüggers Netz, dafür langfristig gesichert. Ab den 1930er-Jahren kamen Schnee- und Wetterstationen der Kommission für Schnee- und Lawinenforschung (heute Institut für Schnee- und Lawinenforschung, SLF) dazu, sodass das Kantonsgebiet seit bald 100 Jahren gut mit Messstationen abgedeckt ist. 02.06

Aus den teils kurzen Reihen Graubündens eine lange Temperaturkurve zu erstellen, bereitet Schwierigkeiten. Für das Rheintal kann eine knapp 200-jährige Reihe erstellt werden. Weiter zurück reichen indirekte Angaben aus Jahrringen von Bäumen oder Sedimentbohrkernen des Silvaplanersees.⁵ Aus der Kombination vieler solcher Datenquellen konnte die Sommertemperatur der Alpen ab 1600 rekonstruiert werden.6 Die Rekonstruktion beginnt im Klima der sogenannten Kleinen Eiszeit (um 1300-1850) und zeigt den Übergang zum heutigen Klima. Auffällig ist die kalte Phase des frühen 19. Jahrhunderts. Diese kann teilweise mit dem Ausbruch des Vulkans Tambora in Indonesien im April 1815 sowie weiteren Vulkanausbrüchen erklärt werden. 02.03

Der Ausbruch des Tambora war eine der Ursachen des «Jahrs ohne Sommer» 1816, das sich besonders in der Schweiz stark auswirkte. Zum vulkanischen Einfluss gesellte sich auch noch viel «Wetterpech», und der nasskalte Sommer traf auf eine verletzliche Gesellschaft. In Teilen der Schweiz kam es zu einer Hungersnot, für die aber nicht nur das Wetter verantwortlich war. In Graubünden, wo es im Sommer 1816 kaum wolkenlose Tage gab, waren die Kantonsbehörden mit der Bewältigung der Krise schlicht überfordert.⁷

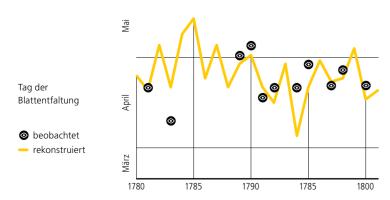
Die Abkühlung dieser Jahre folgte auf eine relative Wärmephase. Der «Hitzesommer» von 1807 und das «Jahr ohne Sommer» 1816 spiegeln fast die gesamte Spannweite des vorindustriellen Klimas. Diese Eckdaten wurden erstmals in den 1940er-Jahren klar überschritten. In den globalen Mitteltemperaturen ist der Einfluss der menschengemachten Treibhausgase bereits für diese Erwärmungsphase nachgewiesen. Um 1970 setzte ein noch steilerer Anstieg ein, und der Mensch wurde zur treibenden Kraft. Die Erwärmung der letzten 50 Jahre ist vollumfänglich dem Menschen zuzuschreiben.

Klima wird oft als Mittel über 30 Jahre definiert. Nimmt man die noch vor Kurzem gültige Klimanorm 1961–1990 als Basis, lag die Sommermitteltemperatur in den Alpen in vorindustrieller Zeit (1600–1850) in der wärmsten dieser Perioden um 0.25 Grad Celsius tiefer, in der kältesten um 0.9 Grad tiefer. Dagegen ist die heute gültige Klimanorm 1991–2020 um 1.7 Grad wärmer. Der neuste Anstieg ist also um ein Mehrfaches grösser als alle früheren Schwankungen. Dies zeigt gleichzeitig, dass das Konzept der Klimanorm ausgedient hat. 02.03

Anhand von täglichen Temperaturrekonstruktionen für die Schweiz können die gleichen Klimaperioden detaillierter und lokal differenzierter betrachtet werden.8 So kann der Tag des Frühlingsbeginns in Graubünden berechnet werden.⁹ Die wärmste vorindustrielle Periode 1782–1811 und die kälteste 1812–1841 unterscheiden sich nur geringfügig, dagegen ist die Veränderung zwischen den Perioden 1961–1990 und 1991–2020 gross. Die Temperatur nahm um 1.3 bis 2.2 Grad zu, und zwar stärker in höheren Lagen als im Talgrund und in den Südtälern weniger stark als im Rest des Kantons. Die starke Erwärmung in der Höhe führt zu einer kürzeren Schneedauer und starkem Gletscherrückgang. Der Frühlingsbeginn hat sich je nach Höhenlage um eine bis drei Wochen vorverschoben. Im Gegensatz zur Temperatur zeigt der Niederschlag keine langfristigen Veränderungen, dafür starke Schwankungen von Jahr zu Jahr. 02.07

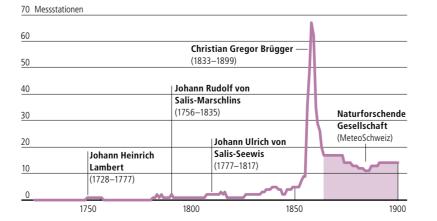
02.04 Temperaturen und Pflanzenphasen, 1780-1800

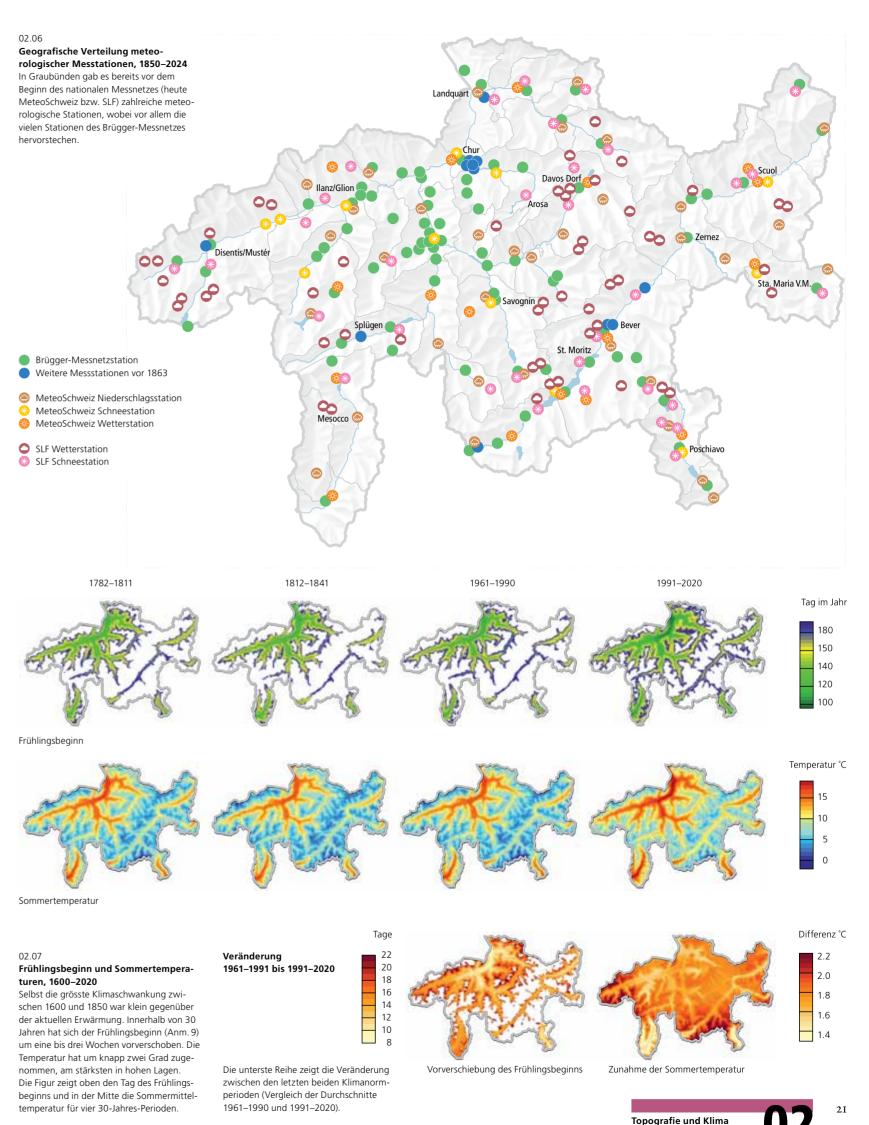
Johann Rudolf von Salis-Marschlins beobachtete neben den Temperaturen auch Pflanzenphasen wie die Blattentfaltung der Weinrebe, ein oft verwendeter Indikator für den Frühlingsbeginn. Allerdings beobachtete er nicht immer am gleichen Ort. Ein Vergleich mit dem aus Temperaturdaten rekonstruierten Frühlingsbeginn (Anm. 9) zeigt keine gute Übereinstimmung.



Meteorologische Messungen, 1750-1900

Lange waren es Einzelpersonen, die in Grau bünden meteorologische Messungen durchführten. Christian Gregor Brügger initiierte ein grosses, aber kurzlebiges Netz. Auf eine stabile Grundlage gestellt wurden die meteorologischen Messungen in der Schweiz ab 1863.





Maisch u. a. 2000, Linsbauer u. a. 2021.

Pfister u. a. 2019, S. 1345-1361

Hupfer, 2015, S. 51-67.

⁴ Hupfer, 2017.

Trachsel u. a. 2010, S. 2719-2730.

⁶ Trachsel u. a. 2012, S. 66-79; Brönnimann u. a. 2019, S. 650-656.

Frommelt u. a. 2017; Brönnimann/Krämer 2016.

Imfeld u. a. 2023, S. 703-729.

⁹ Der Frühlingsbeginn wurde definiert als der Tag des Überschreitens der Schwelle von 200 Wärmegradtagen (definiert als Summe der Grade Celsius um welche die Tagesmitteltemperaturen höher als 4° liegen, ab 1. Januar